

UFBA

Universidade Federal da Bahia
Instituto de Ciências da Saúde



RENATA SANTANA DA SILVA BARBOSA

**EQUILÍBRIO POSTURAL E DISFUNÇÃO
TEMPOROMANDIBULAR:
UMA ABORDAGEM LINEAR E DE
APRENDIZADO DE MÁQUINA**

**Salvador
2024**

RENATA SANTANA DA SILVA BARBOSA

**EQUILÍBRIO POSTURAL E DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR:
UMA ABORDAGEM LINEAR E DE APRENDIZADO DE MÁQUINA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano S. da Conceição

Salvador
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B238e Barbosa, Renata Santana da Silva.

Equilíbrio postural e disfunção temporomandibular: uma abordagem linear e de aprendizado de máquina. / Renata Santana da Silva Barbosa. – Salvador (BA), 2024.

114 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano S. da Conceição
Tese (Doutorado) – PPGPIOS/UFBA

1. Disfunção temporomandibular. 2. Equilíbrio postural. 3. Articulação temporomandibular. 4. Aprendizado de máquina. 5. Medidas circulares. I. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Ciências da Saúde. II. Conceição, Cristiano S. da. III. Título.

CDU 616.314 (043.2)

Antonio José Menezes de Castro Neves – Bibliotecário CRB-5/1821



TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA DE TESE

Renata Santana da Silva Barbosa

Equilíbrio Postural e Disfunção Temporomandibular: Uma Abordagem Linear e de Aprendizagem de Máquina

Salvador, Bahia, 12 de agosto de 2024

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Cristiano Sena da Conceição (Examinador Interno)

Prof. Dra. Ana Paula Andrade Gomes Quixadá (Examinadora externa)

Prof. Dra. Ana Lúcia Barbosa Góes (Examinadora interna)

Prof. Dr. Paulo Raimundo Rosário Lopes (Examinador Externo)

Prof. Dr. José Garcia Vivas Miranda Fontana (Examinador interno)

AGRADECIMENTOS

A realização desta tese de doutorado foi um percurso repleto de desafios e aprendizados, que só foi possível graças ao apoio e à contribuição de muitas pessoas e instituições. A todas elas, expresso aqui minha mais profunda gratidão.

Primeiramente, agradeço a meu orientador, prof. Cristiano Sena, por sua orientação dedicada, paciência e incentivo ao longo de todo o processo. Suas valiosas sugestões e conselhos foram essenciais para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho. E também aos grupos de pesquisa dos quais participo, em Educação, Educação Física, Odontologia e Física.

À Universidade Federal da Bahia (UFBA), por proporcionar os recursos e o ambiente acadêmico necessário para a realização desta pesquisa. Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e pelas oportunidades de desenvolvimento acadêmico.

Aos colegas e amigos, que compartilharam comigo momentos de estudo, debate e colaboração. Agradeço pelas discussões produtivas, pelo apoio mútuo e pelas amizades que se formaram ao longo desta jornada.

Aos participantes da pesquisa, que gentilmente dedicaram seu tempo e compartilharam suas experiências, tornando possível a coleta de dados e a construção deste estudo.

A meus pais, Renato e Noemi, pela educação e pelos valores que me transmitiram, e por sempre acreditarem em meu potencial. A minha irmã e família, pelo apoio incondicional e pela compreensão nos momentos em que precisei me ausentar.

Por fim, agradeço a Deus, por me conceder saúde, força e sabedoria para superar todos os desafios e concluir mais esta etapa de minha vida.

A todos e todas, meu sincero agradecimento.

"O silêncio da estabilidade e o murmúrio do movimento
desenham a linguagem invisível do equilíbrio."

Autor desconhecido

BARBOSA, Renata Santana da Silva. **Equilíbrio postural e disfunção temporomandibular: uma abordagem linear e de aprendizado de máquina.** 2024. Orientador: Cristiano Sena da Conceição. 114 f. Tese (Doutorado em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas) – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2024.

RESUMO

Introdução – A disfunção temporomandibular (DTM) é uma condição que está associada a sintomas como dor facial, cefaleia e limitação de movimento mandibular. Estudos sugerem que a DTM pode afetar o equilíbrio postural (EP), uma função corporal essencial mantida por uma interação complexa entre os sistemas sensoriais e motores do corpo. Compreender a relação entre a DTM e o EP é crucial para melhorar a avaliação e o tratamento de pacientes com DTM. O objetivo desta tese foi explorar a relação entre DTM e EP, a partir das perspectivas lineares e de aprendizado de máquina. Especificamente, buscou-se comparar o EP entre indivíduos com e sem DTM e elaborar uma árvore de decisão representativa da interação entre DTM e EP. **Métodos** – Trata-se de um estudo observacional, transversal conduzido com uma amostra não probabilística de 50 mulheres, divididas em grupos com DTM (37) e sem DTM (13). Para a análise do EP destinada à abordagem linear, foi utilizada a área e a velocidade de oscilação do centro de pressão (COP), além de variáveis circulares como *Rho* (tamanho da reta) e *Theta* (ângulo). As condições testadas incluíram olhos abertos ou fechados, boca aberta ou fechada e base de suporte na largura do quadril e semitandem. Para analisar a interação dos mecanismos subjacentes à DTM, como integração neuromuscular e sensorial e variáveis psicossociais, foi empregado o aprendizado de máquina. **Resultados** – As participantes com DTM apresentaram maior área e velocidade de oscilação do COP, especialmente em condições de olhos fechados e base de suporte na largura do quadril. As análises das variáveis *Rho* e *Theta* revelaram diferenças significativas entre os grupos, em algumas condições, indicando maior magnitude nas oscilações e menor variação direcional do COP em participantes com DTM. Além disso, as técnicas de aprendizado de máquina, como árvores de decisão, demonstraram alta eficácia no diagnóstico da DTM, com 15 de 26 atributos sendo significativos. Variáveis de oscilação corporal, como “olho aberto, quadril e boca fechada” (13,39%), mostraram importância comparável à de fatores clínicos, com 100% de acurácia. “Sons articulares” foi a variável mais crítica, enquanto “etnia” e “duração da dor” tiveram menor relevância (<2%). No Artigo 1, confirma-se a influência significativa da DTM no EP, enquanto, no Artigo 2, destaca-se a relevância da árvore de decisão para o diagnóstico da DTM, com a importância das variáveis de sons articulares e de equilíbrio postural. **Conclusão** – Sugere-se que a presença da DTM tenha influência sobre a estabilidade postural e o emprego da árvore de decisão indica que as principais variáveis a serem utilizadas para triagem e diagnóstico da DTM são sons articulares e equilíbrio postural. Dessa maneira, os resultados deste trabalho indicam que a presença de sons articulares e a análise do equilíbrio postural são ações importantes para diagnóstico e acompanhamento de pessoas com DTM. Novos estudos podem testar a eficácia do aprendizado de máquina na detecção precoce dos distúrbios da ATM para prevenção e mitigação da dor articular.

Palavras-chave: disfunção temporomandibular; equilíbrio postural; articulação temporomandibular; aprendizado de máquina; medidas circulares.

Barbosa, Renata Santana da Silva. **Postural balance and temporomandibular disorder: a linear and machine learning approach.** 2024. Advisor: Cristiano Sena da Conceição. 114 s. Thesis (Doctorate in Interactive Processes of Organs and Systems) – Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador, 2024.

ABSTRACT

Introduction – Temporomandibular dysfunction (TMD) is a condition affecting the temporomandibular joint (TMJ) and is associated with symptoms such as facial pain, headaches, and limited mandibular movement. Studies suggest that TMD may impact postural balance (PB), a crucial function maintained by the complex interaction between the body's sensory and motor systems. Understanding the relationship between TMD and PB is essential for improving the assessment and treatment of patients with TMD. The objective of this thesis was to explore the relationship between TMD and PB from both linear and machine-learning perspectives. Specifically, it aimed to compare PB between individuals with and without TMD and develop a decision tree representing the interaction between TMD and PB. **Methods** – This is an observational, cross-sectional study conducted with a non-probabilistic sample of 50 women divided into groups with (37) and without (13) TMD. Linear measures were used to assess PB, including the area and velocity of the centre of pressure (COP) sway, as well as circular variables such as Rho (line size) and Theta (angle). The conditions tested included open/closed eyes, open/closed mouth, and a base of support at hip width and semi-tandem. Machine learning algorithms were applied to explore the underlying mechanisms of TMD, such as neuromuscular and sensory integration and psychosocial variables. **Results** – Participants with TMD showed greater COP sway area and velocity, particularly under conditions of closed eyes and a base of support at hip width. Analyses of Rho and Theta variables revealed significant differences between the groups under certain conditions, indicating greater magnitude in sway and less directional variation of the COP in participants with TMD. Article 1 confirmed the significant influence of TMD on PB, while Article 2 highlighted the relevance of decision trees for diagnosing TMD, emphasising the importance of joint sounds and postural balance variables. **Conclusion** – The presence of TMD can affect postural stability, and the use of decision trees indicates that the key variables for diagnosing TMD are joint sounds and postural balance. Therefore, the results of this study support the notion that both in clinical practice and future studies, the effectiveness of therapeutic interventions for TMD should be assessed with particular attention to these two variables.

Keywords: temporomandibular disorder; postural balance; temporomandibular joint; machine learning; circular measures.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ATM – articulação temporomandibular

COM – centro de massa

COP – centro de pressão

CG – centro de gravidade

DTM – disfunção temporomandibular

DC – TMD – critério diagnóstico da DTM

EP – Equilíbrio postural

IA – inteligência artificial

ML – *machine learning*

OMS – Organização Mundial da Saúde

RDC/TMD – critério diagnóstico da DTM para pesquisa

SE – sistema estomatognático

SS – sistema somatossensorial

SNC – sistema nervoso central

STP – sistema tônico postural

Θ - *Theta* (ângulo)

ρ - *Rho* (reta)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Esquema do circuito de controle de equilíbrio representando a relação entre comando motor, *feedback* sensorial e integração multissensorial, 14
- Figura 2** – Representação, no plano cartesiano, de coordenadas polares, 23
- Figura 3** – Esquema ilustrativo da circunferência das variáveis polares (*theta* e *rho*), 25
- Figura 4** – Anatomia articular e muscular da ATM, 27
- Figura 5** – Anatomia ligamentar da ATM, 28
- Figura 6** – Anatomia muscular da ATM, 29
- Figura 7** – Biomecânica da ATM, 30
- Figura 8** – Teste e treinamento do fluxo de trabalho de uma árvore de decisão, 40
- Figura 9** – Imagem na condição de olhos abertos, fechados, boca aberta e fechada, 45
- Figura 10** – Imagem na condição de base em largura de quadril e semitandem, 45
- Figura 11** – Imagem ilustrativa da sala do exame, 45

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

Figura 1 – Esquema do circuito de controle do EP, 51

Figura 2 – Representação do EP em análise circular (*rho* e *theta*), 51

Tabela 1 – Características clínico-demográficas, 56

Gráfico 1 – Frequência de DTM em subgrupos, 56

Tabela 2 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para a área de oscilação (mm²), 57

Tabela 2.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para a área de oscilação (mm²) combinadas, 58

Gráfico 2 – Profundidade da árvore e custo-complexidade, 59

Tabela 3 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para velocidade de oscilação (mm/s), 60

Tabela 3.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para velocidade de oscilação (mm/s) combinadas, 61

Gráfico 3 – Curva ROC para árvore de decisão com 15 níveis, 62

Tabela 4 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para *Rho* (tamanho da reta), 64

Tabela 4.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para *Rho* (tamanho da reta) combinadas, 65

Tabela 5 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para *Theta* (radianos), 66

Tabela 5.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de média para *Theta* (radianos) Combinadas, 66

Gráfico 5 - Análise de variância com medidas repetidas para o *theta* (radianos), 67

Tabela 6 – Estatísticas descritivas e diferenças de média bivariadas, 68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 PERGUNTA DE INVESTIGAÇÃO.....	17
3 HIPÓTESES.....	18
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
4.1 EQUILÍBRIO POSTURAL (Ep).....	19
4.1.1 Métodos de avaliação do equilíbrio postural: baropodometria computadorizada	22
4.1.2 Medidas circulares do equilíbrio postural.....	23
4.2 DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR.....	26
4.3 DC-TMD (CRITÉRIO DIAGNÓSTICO DA DTM)	33
4.4 APRENDIZADO DE MÁQUINA: ÁRVORES DE DECISÃO.....	36
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
5.1 DESENHO DO ESTUDO E LOCAL.....	42
5.1.1 População e amostra.....	42
5.1.2 Critérios de inclusão.....	42
5.1.3 Critérios de exclusão.....	42
5.2 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS PARA A COLETA DOS DADOS.....	43
5.2.1 Avaliação do sistema estomatognático (DC-TMD)	43
5.2.2 Avaliação baropodométrica.....	43
5.3 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	46
5.4 ASPECTOS ÉTICOS.....	46

6 RESULTADOS.....	48
6.1 ARTIGO 1 –Análise do equilíbrio postural de indivíduos com e sem DTM.....	48
6.1.1 Introdução.....	49
6.1.2 Materiais e métodos.....	51
6.1.3 Análise estatística.....	53
6.1.4 Resultados.....	56
6.1.5 Discussão.....	68
6.1.6 Conclusão.....	72
6.2 ARTIGO 2 – Explorando os mecanismos da disfunção temporomandibular: uma abordagem com aprendizado de máquina.....	72
6.2.1 Introdução.....	74
6.2.2 Materiais e métodos.....	75
6.2.3 Análise estatística.....	76
6.2.4 Resultados	78
6.2.5 Discussão.....	85
6.2.6 Conclusão.....	86
7 DISCUSSÃO GERAL DA TESE.....	89
8 CONCLUSÃO.....	92
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICE A – Protocolo de coleta da baropodometria computadorizada.....	102
APÊNDICE B – Visualização da árvore de decisão.....	104
ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	105
ANEXO B – DC-TMD (Eixo 1)	108
ANEXO C - <i>Template</i> da Baropodometria Computadorizada.....	114

1 INTRODUÇÃO

A interação complexa entre o equilíbrio postural (EP) e o sistema estomatognático (SE) tem sido objeto de crescente interesse na comunidade científica e clínica. A articulação temporomandibular (ATM), como parte integrante do SE, desempenha um papel crucial na função oral e na estabilidade do sistema musculoesquelético craniofacial¹. Paralelamente, o EP, integrante do sistema neuromuscular, é mantido por uma interação complexa entre os sistemas sensoriais e motores do corpo², conforme é explicitado na Figura 1.

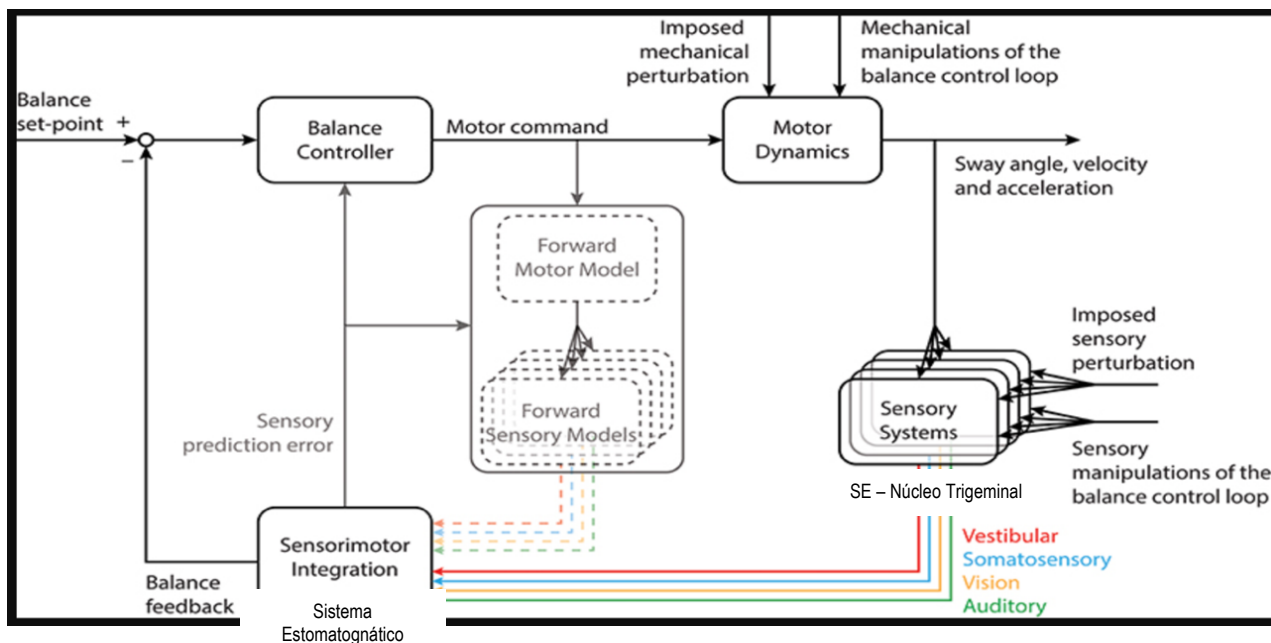
A disfunção temporomandibular (DTM), uma condição multifatorial que afeta a ATM e os tecidos circundantes, tem sido associada a uma variedade de sintomas, incluindo dor facial, cefaleia, limitação de movimento mandibular e ruídos articulares³. Além disso, estudos recentes têm explorado a possível relação entre DTM e alterações no EP, ao levantar questões sobre a influência mútua entre esses dois sistemas⁴⁻⁶.

Embora a natureza exata dessa relação ainda não esteja totalmente explicitada, evidências sugerem que as alterações na função da ATM podem influenciar o EP e vice-versa⁷⁻⁹. Compreender melhor essa relação pode ter implicações significativas para o diagnóstico e o tratamento de pacientes com DTM, bem como promover orientações à população, como medidas preventivas.

Assim, este trabalho se propõe a abordar um modelo empírico que compreenda as interações entre o EP e a DTM. Embora as abordagens lineares, como modelos de regressão linear e análise de correlação, possam facilitar a identificação de fatores desencadeantes de lesão (causa e efeito), elas são limitadas por não reconhecerem as interações inerentes aos processos biológicos que estão relacionados às disfunções¹⁰.

Por fim, busca-se, ao revisar a literatura existente sobre a relação entre o EP e a DTM, investigar os mecanismos subjacentes a essa interação e explorar as implicações clínicas desses achados. Espera-se, com os resultados desta pesquisa, contribuir para os estudos acerca da prática clínica, bem como levantar informações que servirão de base para futuras estratégias de tratamento para pacientes com DTM e alterações posturais associadas.

Figura 1 – Esquema do circuito de controle de equilíbrio representando a relação entre comando motor, *feedback* sensorial e integração multissensorial.



Fonte: Rasman *et al.* (2018)².

1.1 OBJETIVOS

GERAL

- Compreender a relação entre o equilíbrio postural e a disfunção temporomandibular nas perspectivas linear e de aprendizado de máquina.

ESPECÍFICOS

- Apresentar o equilíbrio postural de indivíduos com e sem disfunção temporomandibular (artigo 1);
- Analisar um modelo empírico representativo da interação entre o equilíbrio postural e a disfunção temporomandibular (artigo 2).

1.2 JUSTIFICATIVA

A disfunção temporomandibular (DTM) tem sido predominantemente estudada através de modelos lineares que, muitas vezes, são insuficientes para explicar completamente todos os elementos envolvidos nesse processo, especialmente ao se considerar o papel do

equilíbrio postural (EP) e suas interações¹¹⁻¹⁴. Uma abordagem multifacetada pode oferecer informações adicionais para uma melhor compreensão da etiologia, da manutenção e do agravamento da DTM, com benefícios significativos para a população, a comunidade científica, a tecnologia e os métodos de análise.

A DTM afeta uma parcela significativa da população¹⁵, resultando em dor crônica, desconforto e limitações funcionais. Entender a DTM através de uma abordagem integrada pode levar ao desenvolvimento de intervenções eficazes e personalizadas, melhorando a qualidade de vida dos pacientes. Intervenções baseadas em uma compreensão aprofundada das interações entre DTM e EP podem reduzir a incidência de complicações secundárias, como problemas posturais e dores musculoesqueléticas associadas.

Este estudo contribui para a literatura científica por introduzir novas perspectivas e métodos, como o uso das análises circunferenciais, para avaliar o impacto da DTM sobre o EP e o emprego do aprendizado de máquina como uma nova perspectiva para análise do peso das variáveis que definem o diagnóstico da DTM. A utilização de algoritmos de aprendizado de máquina pode abrir novos caminhos para pesquisas futuras, estimulando investigações mais detalhadas sobre a interação entre DTM e outros sistemas corporais. Além disso, ao demonstrar a relevância de uma abordagem abrangente, este trabalho pode influenciar a forma como outras condições de saúde multifatoriais são estudadas e compreendidas na comunidade científica.

A implementação de algoritmos de aprendizado de máquina para a análise dos dados de EP pode impulsionar o desenvolvimento de novas tecnologias e *softwares* de avaliação biomecânica. Ferramentas avançadas de análise de dados, capazes de lidar com a interação dos sinais somatossensoriais e posturais, podem ser desenvolvidas, oferecendo aos pesquisadores e clínicos recursos para a avaliação e o tratamento da DTM. Esse avanço tecnológico pode também beneficiar outras áreas da saúde em que a análise de dados semelhantes é necessária.

Além disso, a DTM pode resultar em ajustes compensatórios finos em outras regiões do corpo, sugerindo que a disfunção pode ultrapassar a esfera da cabeça e do pescoço. Para investigar isso, é importante utilizar medidas lineares que avaliem o EP, como área e velocidade de oscilação corporal, que podem também ser representadas por medidas polares presentes em análises circulares. Essas medidas são altamente sensíveis, permitindo comparar aspectos como variabilidade angular. No entanto, estudos que abordem essas variabilidades de maneira abrangente ainda são escassos na literatura atual. Desse modo, entende-se que o EP pode ser analisado para além das medidas convencionais, ao se considerarem, também,

medidas polares, dada a natureza circular das oscilações posturais, proporcionando, assim, uma compreensão abrangente do EP em indivíduos com DTM.

Este estudo propõe uma análise do EP que vai além das medidas convencionais, utilizando também medidas polares e algoritmos de aprendizado de máquina para proporcionar uma compreensão abrangente do EP em indivíduos com DTM. Ao integrar essas abordagens, este trabalho não apenas amplia o conhecimento científico sobre DTM e EP, mas também tem o potencial de impactar positivamente a saúde da população, por incentivar o desenvolvimento tecnológico e influenciar a comunidade científica.

2 PERGUNTA DE INVESTIGAÇÃO

Como ocorrem as interações entre os elementos do EP e da DTM?

3 HIPÓTESES

- Há diferenças no equilíbrio postural entre indivíduos com e sem DTM (artigo 1);
- O aprendizado de máquina apresentará interações entre os elementos do EP e da DTM (artigo 2).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta revisão de literatura tem o intuito de embasar teoricamente os tópicos a serem tratados nos artigos 1 e 2, como resultados desta tese. Assim, optou-se por iniciar discutindo sobre equilíbrio postural e método de avaliação, em seguida, sobre a disfunção temporomandibular e os critérios de seu diagnóstico, e, por fim, tratar sobre o aprendizado de máquina e suas nuances.

4.1 EQUILÍBRIO POSTURAL (EP)

O EP é uma função do corpo humano que permite manter uma posição estável e controlada em repouso ou durante o movimento. Esse equilíbrio é mantido por uma complexa interação entre diferentes sistemas sensoriais, neuromusculares e biomecânicos².

Os principais sistemas envolvidos no EP incluem: sistema visual, que fornece informações sobre a posição do corpo em relação ao ambiente circundante, ajudando na detecção de obstáculos e na orientação espacial; sistema vestibular, localizado no ouvido interno, detecta movimentos da cabeça e ajuda a manter o equilíbrio e a estabilidade postural, contribuindo para a percepção da gravidade e da aceleração; sistema somatossensorial, responsável por detectar a posição, o movimento e a pressão das diferentes partes do corpo em relação ao suporte, e que inclui informações táteis, proprioceptivas e cinestésicas; sistema neuromuscular, que envolve a ativação e o controle dos músculos esqueléticos para realizar ajustes posturais adequados, garantindo a estabilidade e a segurança¹⁶⁻¹⁹.

Diante disso, os resultados da pesquisa buscarão compreender como o EP é afetado quando as condições de entrada do sistema visual, somatossensorial e neuromuscular são manipuladas na presença de uma disfunção que acomete o sistema sensorio-motor.

Destaca-se que o EP constitui um sistema organizado de mecanismos que utilizam atividades motoras em resposta a diferentes requisitos fornecidos por diversos sistemas, como os que foram citados anteriormente. Cada subsistema corporal responde à frequência e ao estímulo com respostas específicas. Cada entrada ou saída é ajustada pelo sistema tônico postural (STP), com o propósito de manter o centro de massa (COM) dentro da base de suporte²⁰.

As informações, uma vez que chegam ao sistema nervoso central (SNC) – que inclui o cérebro, o cerebelo e o tronco cerebral –, são processadas e registradas na forma de imagem

corporal (conhecimento que o indivíduo tem do seu corpo em uma situação estática ou dinâmica), através de interneurônios e neurônios motores, na medula espinhal. Em seguida, as informações são transmitidas aos músculos, onde são necessárias contrações para permitir o deslocamento das alavancas esqueléticas e uma consequente estabilização do EP²¹.

Substancialmente, o STP é responsável pelo controle do tônus muscular. Sua tarefa é permitir certa estabilidade ao corpo, tanto em posição estática quanto dinâmica, interagindo com os impulsos do ambiente externo. O mesmo sistema integra todas as informações resultantes da sensibilidade proprioceptiva do eixo visual-podálico, uma vez que atravessa o aparelho oclusal e toda a musculatura corporal, bem como compreende a parte cognitiva, para permitir a representação mental consciente da verticalidade²².

Para a estabilidade postural em pé, faz-se necessária a regulação do COM dentro de uma base de apoio definida pelas bordas lateral, anterior e posterior dos pés. O COM do corpo, localizado aproximadamente na altura das vértebras sacrais quando em pé, é tipicamente posicionado na frente dos tornozelos, entre os pés, durante a postura ereta. Essa postura ereta é inerentemente instável devido à força da gravidade (centro de gravidade, CG) para baixo e aos distúrbios contínuos causados pela respiração, batimentos cardíacos e ruídos intrínsecos nos sistemas sensoriais e motores. Como o corpo em pé não pode ser estabilizado apenas por estruturas de tecidos passivos, o equilíbrio requer atividade muscular contínua, apesar de ser frequentemente descrito como quase sem esforço²³.

Dessa forma, o pé-tornozelo representa o tampão terminal da postura, adaptando-se a todas as situações. É nele que todos os vetores, gerados pelo corpo com seus movimentos, atuam, e sua estrutura anatômica foi projetada de forma a restabelecer o equilíbrio e a estabilidade²⁴.

Nesse contexto, o pé cumpre uma função particularmente importante. Em primeiro lugar, existe a ação biomecânica, que consiste em absorver a energia resultante do impacto com o solo, armazenando uma parte dela para usá-la como energia elástica, na fase de impulso da marcha, e uma ação receptora, necessária para informar ao SNC sobre as flutuações do COM, cumprindo as funções de uma verdadeira plataforma estabilométrica²⁵.

Quando o COM está exatamente no centro, entre os tornozelos, a soma dos quatro torques é igual a zero (anteroposterior e laterolateral). Assim, os músculos ao redor da articulação do tornozelo contribuem para o controle anteroposterior, por exemplo, a atividade dos músculos flexores plantares, sóleo e gastrocnêmio medial²⁴.

Os músculos inversores e eversores do tornozelo têm sua atividade aumentada e desempenham um papel importante na manutenção do equilíbrio, especialmente em posturas

com os pés mais próximos. Quando a base de apoio é ampliada, há um aumento na área de suporte, o que permite maiores deslocamentos do centro de massa corporal. Essa maior largura também intensifica o acoplamento entre as articulações do tornozelo e do quadril durante a oscilação lateral, elevando a rigidez passiva e tornando os torques corretivos na região do quadril mais eficientes para controlar a inclinação da pelve. Além disso, a mudança no comprimento dos músculos e tendões ao redor das articulações, decorrente da alteração na largura do apoio, modifica a rigidez e o amortecimento intrínsecos, bem como as informações proprioceptivas. Essas alterações resultam em uma redução tanto na oscilação corporal quanto na atividade muscular, o que explica por que uma base de apoio mais ampla promove maior estabilidade²⁶.

O principal papel dos pés é a manutenção do equilíbrio, e sua arquitetura particular garante a posição e a intensidade da força de apoio exercida no chão. A planta do pé não se apoia completamente no chão, pois possui um formato côncavo delimitado pelos chamados arcos plantares: arco transversal, arco medial longitudinal e arco lateral longitudinal²⁷.

Para a maioria das pessoas, equilibrar-se na posição vertical é uma tarefa simples, que requer pouco esforço. As dificuldades inerentes associadas ao equilíbrio em pé não são reveladas até que uma patologia ou lesão prejudique seu controle. Fundamentalmente, ficar de pé exige que se equilibre a carga instável de todo o corpo dentro de uma pequena base de apoio. Pequenos movimentos do corpo ereto são detectados por vários receptores sensoriais, todos codificando esses movimentos por meio de seu próprio sistema de coordenadas com dinâmica específica. O controlador de equilíbrio filtra, processa, integra as entradas sensoriais do movimento, a fim de produzir um sinal entre as eferências sensoriais previstas e as reais dos movimentos relacionados ao equilíbrio²⁸.

Se fosse possível atribuir pesos às entradas sensoriais, os estudos²⁵⁻²⁹ indicam que a informação somatossensorial dos membros inferiores seria a mais sensível para detectar a oscilação do corpo inteiro (somatossensorial: 0,1 grau; visual: 0,3 graus; vestibular: 1,1 graus). Isso significa que cada sistema sensorial codifica a oscilação do corpo dentro de seu próprio sistema de coordenadas. Para manter o equilíbrio e a postura, o sistema nervoso deve transformar e combinar essas informações sensoriais por meio de integração multissensorial, permitindo uma resposta coordenada e precisa às variações do ambiente. Por exemplo, o sistema vestibular detecta o movimento da cabeça em relação ao espaço inercial, os sinais visuais detectam o movimento da cabeça em relação ao ambiente e os sinais somatossensoriais detectam o movimento do membro em relação à superfície de suporte ou outro membro.

O controle da postura envolve múltiplos sistemas fisiológicos subjacentes diferentes que podem ser afetados por patologias como a disfunção temporomandibular (DTM). Os danos a qualquer um dos sistemas subjacentes resultarão em ajustes específicos do contexto²⁹.

Em um contexto amplo, a abordagem de estudo clínico se apresenta como multidisciplinar, com integração de áreas como oftalmologia, odontologia, fonoaudiologia, neurofisiologia, endocrinologia, ortopedia e, não menos importante, a ciência motora. Portanto, a estabilidade postural é um fenômeno complexo, que sintetiza o entrelaçamento de uma pluralidade de fatores. Nele, além disso, há um diálogo contínuo entre diversas estruturas e sistemas, visando a manutenção do próprio equilíbrio³⁰.

Dessa forma, faz-se necessário analisar o sistema de controle do equilíbrio como um todo igualmente e avaliar as contribuições sensoriais para o equilíbrio. Em particular, a natureza de *feedback* do sistema de controle do equilíbrio pode impor restrições sobre como as informações sensoriais são combinadas e transformadas em ações motoras corretivas e sobre a regulação dinâmica da integração sensorial, após mudanças ambientais que retiram ou restauram o acesso a informações sensoriais precisas²³.

4.1.1. Método de avaliação do equilíbrio postural: baropodometria computadorizada

Sobre a avaliação do equilíbrio postural, a literatura aborda uma variedade de métodos e ferramentas, incluindo plataformas de força, sistemas de análise de movimento, escalas de avaliação clínica e testes de equilíbrio específicos. Estudos comparam validade, confiabilidade e sensibilidade dessas medidas em diferentes populações e condições clínicas³¹⁻³⁵.

Além disso, os estudos demonstraram diversas formas objetivas de mensurar o EP, nas quais são consideradas as variáveis: o centro de massa (COM), um ponto imaginário, que é a média ponderada de cada segmento do corpo no espaço tridimensional; o centro de gravidade (CG), a projeção vertical do centro de massa no solo; e o centro de pressão (COP), definido como o ponto onde a força plantar de reação ao solo é aplicada, e representa o ponto central de toda a pressão na superfície de contato pé e solo. Os parâmetros derivados das trajetórias do COP obtidos por uma plataforma de força de alta precisão são considerados o padrão-ouro para análises de equilíbrio postural^{20,36,37}.

Assim, nesta pesquisa, foi utilizada a baropodometria computadorizada, com a qual foi possível captar a área e a velocidade da oscilação corporal, variações do COP no eixo X e Y (estabilometria), além da distribuição de carga de apoio plantar nos planos dos pés (antepé,

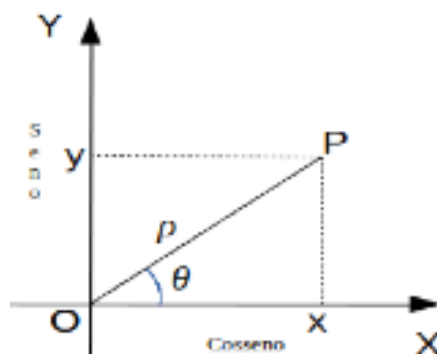
mediopé e retropé). As aquisições das imagens são precisas, instantâneas, repetíveis e não invasivas. O baropodômetro eletrônico documenta as análises com imagens de pontos de pressão plantar (COP) medidos e armazena todas as informações adquiridas, no nível estático (monopodálico e bipodálico) e dinâmico³⁸.

4.1.2 Medidas circulares do equilíbrio postural

Dada a natureza circular do EP, neste trabalho, além das medidas convencionais de área e velocidade de oscilação, citadas anteriormente, foram utilizadas as medidas polares para analisar a variação do COP³⁹. As coordenadas polares são um sistema bidimensional em que cada ponto, no plano, é determinado por uma distância e um ângulo em relação a um ponto fixo de referência no centro de uma circunferência⁴⁰. O ponto de referência (análogo à origem no sistema cartesiano) é chamado de polo, e a semirreta do polo, nas duas direções de referência, são os eixos polares. A distância, a partir do polo em direção a qualquer ponto da circunferência, é chamada coordenada radial ou raio. Já o ângulo é chamado coordenada angular, ângulo polar ou azimute.

A coordenada radial é frequentemente denotada por ρ (*rho*), tamanho da reta, e a coordenada angular por θ (*theta*). Os ângulos em notação polar são geralmente expressos em graus ou em radianos. As coordenadas polares podem ser convertidas para as coordenadas cartesianas e vice-versa, através das funções trigonométricas seno e cosseno: $x = r \cdot \cos(\theta)$ e $y = r \cdot \sin(\theta)$.

Figura 2 – Representação, no plano cartesiano, de coordenadas polares.



Legenda – par cartesiano no sistema cartesiano: $P = (x, y)$ no sistema OXY; par polar no sistema polar: $P = (\rho, \theta)$ no sistema $O\rho\theta$.

Fonte: Hesthaven e Warburton (2008)⁴⁰

Como $x = \rho \cdot \cos(\theta)$ e $y = \rho \cdot \sin(\theta)$, aplicando o teorema de Pitágoras (o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos):

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= \rho^2 \cdot \cos^2 \theta + \rho^2 \cdot \sin^2 \theta \\ x^2 + y^2 &= \rho^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta), \text{ como: } \cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1, \text{ temos: } x^2 + y^2 = \rho^2 \end{aligned}$$

Como, $\rho > 0 \Rightarrow \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ (não há raio negativo)

Para encontrar θ , sabendo que:

$$\text{Então, } \rho = \sqrt{x^2 + y^2} \text{ e } \theta = \text{arc tg } \frac{y}{x}$$

Cálculo da média circular:

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{x}{\rho} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} & \sin \theta &= \frac{y}{\rho} = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \end{aligned}$$

$$\rho \sin \theta = \sin \theta = \text{tg } \theta = \frac{y}{\rho \cos \theta} \Rightarrow \rho \cos \theta = \frac{y}{\text{tg } \theta} = x$$

$$\theta = \text{arctg } \frac{y}{x} \Leftrightarrow \text{arco cuja tangente é } \frac{y}{x}$$

1) Determinar o par médio de coordenadas no eixo dos senos e cossenos: (média aritmética dos cossenos) e (média aritmética dos senos), onde θ_i são os ângulos individuais.

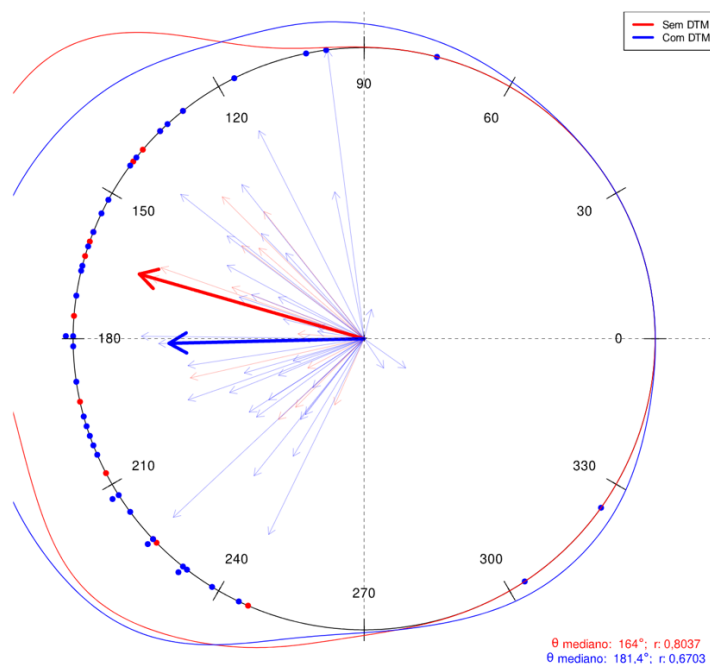
2) Encontrar o ângulo médio que corresponde ao par médio de coordenadas (cos, sin):

$$\bar{\theta} = \text{arctg } \frac{y}{x}$$

Cálculo da concentração angular: $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$.

A intenção de transformar as coordenadas x e y , do plano cartesiano, em coordenadas polares é devida ao fato de a trajetória gerada pela oscilação ocorrer em todas as direções e, sendo de natureza circular, a metodologia para análise dos dados direcionais que melhor se aplica seria a circular. Dessa forma, foram utilizadas as funções da trigonometria, em que as variáveis obtidas na baropodometria das trajetórias, nos eixos x e y , no plano cartesiano, foram usadas para se obter a hipotenusa do triângulo retângulo, sendo ele transcrito em uma circunferência, conforme é explicitado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema ilustrativo da circunferência das variáveis polares (*theta* e *rho*)



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na Figura 3, referencia-se que a 90° é a face anterior, 270° a posterior, 180° a esquerda e 0° a direita dos indivíduos. O centro da circunferência equivale ao centro de gravidade, e cada ponto, na circunferência, é a representação de um participante em um dado ângulo que foi formado entre o eixo horizontal e o ponto. Os fios traçados ao longo da circunferência representam a mediana angular em cada categoria, e a curva azul representa a mediana angular para o grupo "com DTM", mostrando uma direção mediana de 181,4°. E a curva vermelha representa a mediana angular para o grupo "sem DTM", mostrando uma direção mediana de 164°. As retas azul e vermelha (*rho-p*) representam a mediana da distância do centro de gravidade para o COP.

Os ângulos médios ajudam a identificar se há padrões consistentes nas direções de oscilação entre os grupos, o que pode refletir diferenças na forma como cada grupo controla o equilíbrio postural. Essas informações destacam que há uma diferença nas direções médias de oscilação postural entre os grupos, sugerindo que a DTM pode afetar a maneira como o equilíbrio é mantido. Explorar a variabilidade angular indica a direção da oscilação do COP. E o *rho* indica a magnitude, e sua interpretação fornece uma compreensão mais profunda das diferenças no controle postural entre indivíduos com e sem DTM e qual o efeito da DTM sobre o EP.

Assim, na seção seguinte abordaremos a DTM e métodos diagnósticos.

4.2 DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR

A DTM é conhecida por ser um distúrbio complexo, em que o início e a persistência estão associados a variáveis relacionadas à doença em múltiplos domínios, incluindo exposição ambiental, variáveis clínicas, psicológicas, estado de saúde e processamento da dor. Utilizando uma abordagem mais dinâmica para captar as mudanças ao longo do tempo, descobriu-se que muitos aspectos desses domínios pioravam antes do relato da dor, com prováveis influências bidirecionais entre os domínios e o surgimento da dor. O início da DTM parece representar o efeito cumulativo da desregulação de múltiplos sistemas⁴¹.

Além disso, a DTM é a segunda doença musculoesquelética mais prevalente que causa dor e incapacidade. É também um importante problema de saúde pública, que afeta de 5% a 12% da população¹⁵. As mulheres jovens são as mais afetadas, entre 20 a 40 anos, com cinco mulheres afetadas para cada homem⁴²⁻⁴⁴. Um aumento na prevalência de distúrbios do sono também foi notado nos últimos anos⁴⁵. A fisiopatologia inclui uma falha em relaxar a musculatura orofacial e demais grupos musculares corporais. Isso pode ser devido a causas obstrutivas, como a síndrome da apneia obstrutiva do sono, ou por distúrbios associados ao sono. Um dos problemas mais cruciais para pacientes com DTM é a qualidade de vida, no que se refere à capacidade de o indivíduo realizar tarefas cotidianas sem dificuldade, englobando componentes sociais, psicológicos e físicos. A maioria dos pacientes com DTM lida com dor crônica, o que invariavelmente afeta suas atividades diárias, incluindo mastigar e comer. A dor, na DTM, pode ser tão incômoda quanto qualquer outro tipo de dor orofacial⁴⁶⁻⁴⁹.

Ademais, os estudos já relataram que os problemas oclusais não constituem causa para a DTM^{1,6,50-53}. Contudo, o contato prematuro dos dentes entre os arcos maxilar e mandibular afeta a congruência, a fim de dar à mandíbula a máxima estabilidade, usando o maior número possível de contatos. Diante disso, alterações na morfologia pode induzir a mandíbula a procurar uma posição de oclusão estável, o que pode não corresponder àquela em que os músculos da mastigação e as estruturas internas da articulação temporomandibular estão acostumados a operar em condições normais, gerando tensões e sobrecarga em estruturas musculoesqueléticas^{50,54}. O contato prematuro ocorre quando um ou mais dentes se tocam antes dos demais, durante o fechamento da mandíbula, o que pode causar dor e desconforto na ATM, desgaste desigual dos dentes, desalinhamento da mandíbula e tensão muscular e espasmos.

Atualmente, há concordância, entre os autores, de que a etiologia da DTM é dinâmica e envolve aspectos anatômicos, psicológicos e generalizados, podendo ser citados os

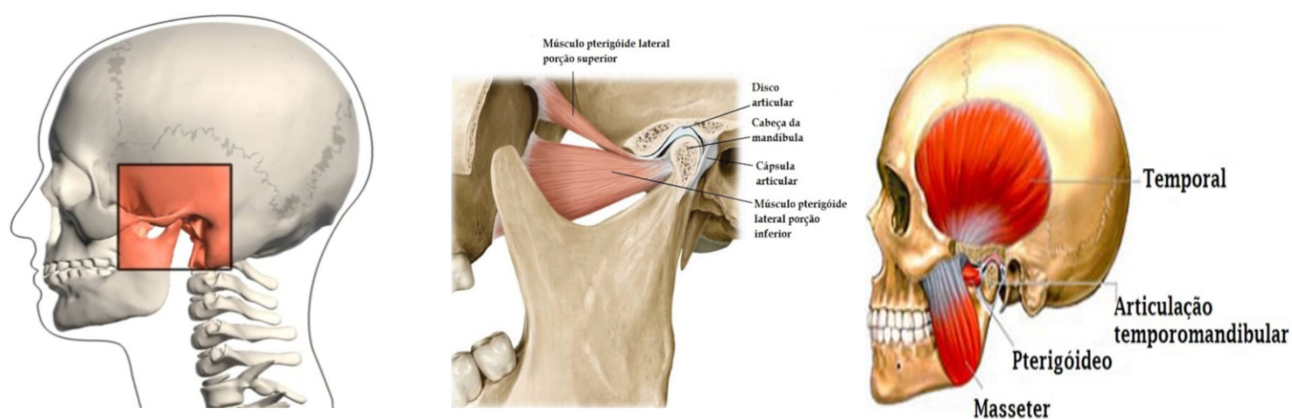
posturais, tal como ausência de contenção posterior, mastigação unilateral, deficiência nutricional e fatores sistêmicos (artrite reumatoide e fibromialgia)^{7,41,55-57}.

A seguir, discutiremos sobre os componentes envolvidos na disfunção temporomandibular de maneira abrangente. É fundamental explorar anatomia, fisiologia e biomecânica do sistema estomatognático.

A ATM realiza e contribui para atividades biológicas essenciais, incluindo mastigação, fala e respiração. É uma das articulações mais intrincadas, complexas e frequentemente utilizadas no corpo humano, permitindo uma ampla variedade de movimentos como abrir e fechar a boca, e as translações esquerda e direita⁵⁰.

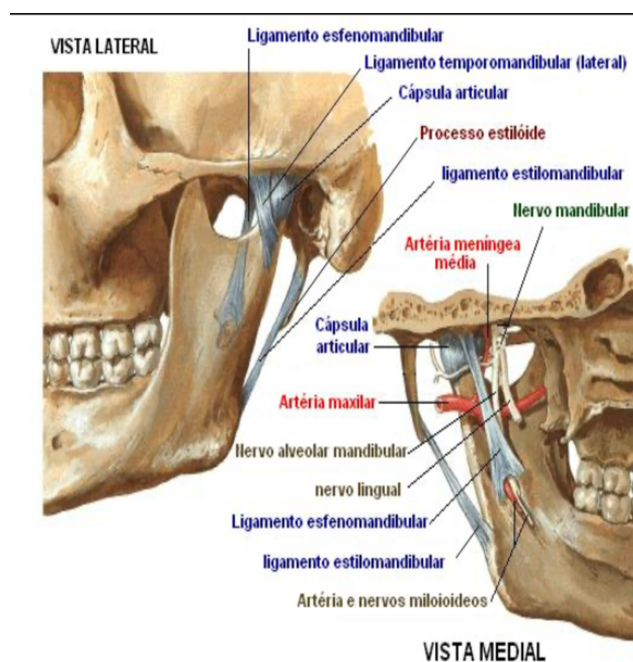
A anatomia inclui: os côndilos mandibulares, uma projeção oval da mandíbula que se articula com a cavidade glenoide na fossa mandibular do osso temporal; cápsulas articulares, estruturas fibrosas que envolvem a articulação, contendo o líquido sinovial para lubrificação e nutrição da articulação; discos articulares, estrutura fibrocartilaginosa avascular e não innervada entre o côndilo mandibular e a fossa mandibular, que se move durante os movimentos da mandíbula; e os músculos da mastigação: temporal, masseter, pterigoideo lateral e medial⁵⁸ (Figura 4).

Figura 4 – Anatomia articular e muscular da ATM



Fonte: *Anatomia em foco* (2018)¹³⁴.

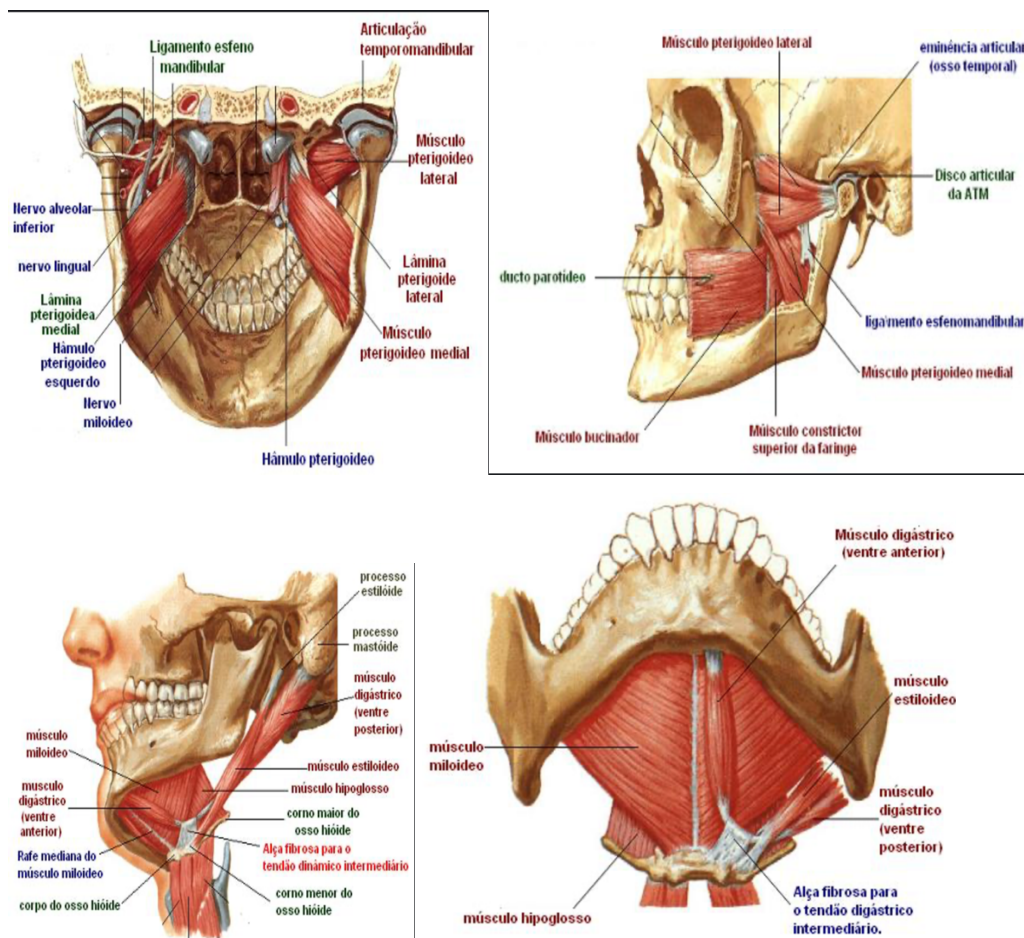
Além disso, a ATM é estabilizada por ligamentos, incluindo o ligamento colateral lateral e medial, bem como pelos músculos da mastigação, que agem para manter a mandíbula alinhada durante os movimentos (Figura 5)⁵⁹.

Figura 5 – Anatomia ligamentar da ATM

Fonte: Netter (2015)⁵⁸

Sobre a fisiologia da ATM, durante a abertura e fechamento da boca, os músculos da mastigação se contraem para mover o côndilo mandibular dentro e fora da cavidade glenoide, permitindo a mastigação e a fala (Figura 6). O disco articular atua como um amortecedor entre o côndilo e a fossa mandibular, distribuindo as forças geradas pela mastigação e protegendo as estruturas articulares (Figura 7)⁵⁴.

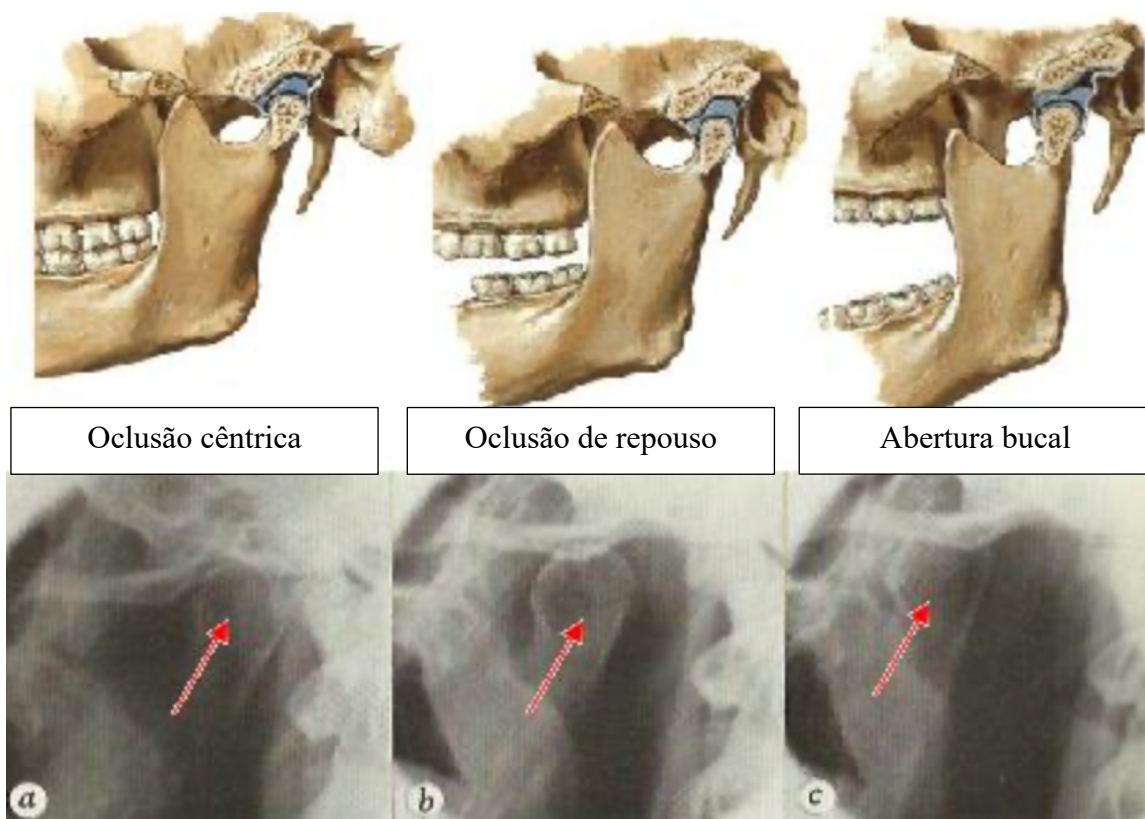
Figura 6 – Anatomia muscular da ATM



Fonte: Netter (2015)⁵⁸

E sobre a biomecânica da ATM, durante a abertura da boca, o côndilo mandibular desliza para frente e para baixo na cavidade glenoide, com o disco articular se movendo junto ao côndilo, a fim de manter a congruência articular. Já durante o fechamento, o côndilo retorna à sua posição inicial na fossa mandibular, com o disco articular se movendo de volta para sua posição normal (Figura 7). A mastigação envolve uma combinação de movimentos de rotação e translação do côndilo mandibular, coordenados pelos músculos da mastigação.

Figura 7 – Biomecânica da ATM



Fonte: Gomes e Brandão (2005)⁵⁴.

Os transtornos da ATM podem resultar de problemas na anatomia, na fisiologia ou na biomecânica da articulação, incluindo tensão muscular, desalinhamento da mandíbula, problemas no disco articular ou trauma. Assim, uma compreensão detalhada da anatomia, da fisiologia e da biomecânica da ATM é essencial para diagnóstico e tratamento eficazes dos transtornos e distúrbios relacionados.

Diante disso, a DTM se apresenta com um quadro de desorganização neuromuscular, identificada pela presença de cefaleias crônicas, restrições dos movimentos mandibulares, hiperestesia e dor nos músculos da mastigação, da cabeça e do pescoço, otalgias, mialgias, ruídos articulares, tontura, desvios mandibulares, dor na ATM, entre outras desordens do sistema estomatognático e sistêmicas. Os sinais e sintomas mais típicos são: ruídos articulares (estalidos ou crepitação), dor muscular pré-auricular e (ou) mastigatória, restrições ou desvios durante a abertura mandibular^{3,46,60}.

Assim como as várias doenças com características multifatoriais, a DTM tem sido associada, principalmente, a cinco fatores etiológicos: trauma, estímulos dolorosos intensos, atividades parafuncionais – apertar e (ou) ranger os dentes durante o dia e (ou) à noite, mascar chicletes, morder bochecha, lábios e língua, pressionar a língua contra os dentes, morder unhas

ou cutícula, roer objetos como lápis, canetas ou outros, e colocar a mão embaixo do queixo, entre outros – e elementos psicológicos, incluindo estresse, ansiedade e depressão^{7,42,60,61}.

A ATM possui ligamentos e conexões musculares com a região cervical, de modo que essas conexões têm levado à especulação de que alterações posturais podem influenciar no desenvolvimento da DTM⁶². Os ciclos mastigatórios devem ser equilibrados, pois a mastigação unilateral pode prejudicar o EP do corpo em pé, criando um desequilíbrio nos músculos do pescoço e nas cadeias musculares anteriores. O método mais comum para o estudo do controle postural envolve a mensuração da oscilação do corpo enquanto ele está em posição ereta e em repouso, utilizando uma plataforma de força⁶²⁻⁶⁴. Em pacientes com DTM, a posição da cabeça é mais anteriorizada à medida que os músculos mastigatórios mudam a posição da mandíbula. Aferentes proprioceptivos podem apresentar alterações na posição mandibular, o que pode ter impacto na estabilidade da marcha e no centro de pressão do pé (COP)^{9,65-67}.

No que tange à constituição neurofuncional do SE, essa é uma das principais relações a respeito da influência desses sistemas sobre o EP. Essa relação se deve à presença de conexões neurais sensorio-motoras periféricas desse sistema. Isso pode estar relacionado ao fato de que a propriocepção desse sistema está associada aos receptores dos músculos mastigatórios, como fuso neuromuscular e o órgão tendinoso de Golgi, receptores do ligamento periodontal e terminações nervosas livres no espaço sinovial da ATM, sendo todos diretamente relacionados ao complexo sensorio-motor trigeminal⁷⁴.

Numerosas conexões anatômicas foram descritas entre os sistemas trigeminais e as estruturas nervosas envolvidas na manutenção da postura⁸. O núcleo mesencefálico do trigêmeo (MNT), que se estende desde a porção dorsal do núcleo espinal do nervo trigêmeo até a parte caudal do colículo superior, é um núcleo sensorial com características únicas. As células desse núcleo não são neurônios centrais, mas protoneurônios com a função de células ganglionares, que podem ser considerados equivalentes a um gânglio periférico sensível⁷⁵. São neurônios pseudounipolares, que enviam o axônio externamente ao sistema nervoso central (SNC), enquanto as outras conexões estabelecem contatos intra-axiais. No MNT, os neurônios associados aos músculos extraoculares estão presentes com os neurônios aferentes primários associados aos músculos mastigatórios, à polpa dentária e aos ligamentos periodontais. A partir do MNT, as vias neurais se conectam com o cerebelo, com a formação reticular e com os núcleos vestibulares medial, inferior, lateral e superior. Esses núcleos, então, continuam para os neurônios motores espinhais e os eferentes extraoculares⁷⁵.

Alguns estudos mostram que há uma conexão funcional entre os sistemas vestibular e trigeminal. Por exemplo, a estimulação dolorosa do trigêmeo pode desencadear ou modular sintomas auditivos e vestibulares, como o nistagmo espontâneo, em pacientes com enxaqueca⁶⁸.

Todas essas conexões anatômicas sugerem que partes do sistema trigeminal influenciam fortemente o equilíbrio postural e a estabilidade da visão, parecendo provável que as informações sensoriais dos receptores proprioceptivos do SE sejam processadas em conjunto com as informações dos sistemas vestibular e oculomotor. Alterações nas estimulações do trigêmeo podem causar um desequilíbrio nos sistemas vestibular e oculomotor⁶⁹.

Os estímulos nociceptivos da ATM, dos músculos mastigatórios, músculos cervicais posteriores e do ombro podem produzir um bombardeamento aferente contínuo sobre o núcleo espinhal do trigêmeo. Essa ativação nociceptiva e repetitiva do núcleo caudal pode produzir sensibilização central, que se refere ao aumento da excitabilidade dos neurônios nociceptivos do tronco encefálico. Dois outros tipos de estimulação, que levam ao aumento da excitabilidade dos neurônios nociceptivos, individualmente ou em conjunto, são a soma temporal e a ativação das células gliais (micróglia e astrócitos)⁷⁹.

A soma temporal é um aumento na intensidade da dor experimentada como consequência de estimulação repetida. Por exemplo, os esforços para manter o movimento ocular correto, quando o estímulo aferente nociceptivo do trigêmeo está mudando de intensidade (vias trigeminotetais), podem levar ao aumento da sensibilidade (fadiga central), que causa redução progressiva no recrutamento de motoneurônios, síntese de neurotransmissores e perda concomitante de força muscular. Essa fadiga central pode ser mais grave em pacientes com DTM do que em indivíduos saudáveis e pode explicar a ocorrência de disfunções de convergência ocular. Além disso, se a informação proprioceptiva do SE é imprecisa, o controle da posição da cabeça pode ser afetado⁸⁰.

Diante de amplas conexões do sistema estomatognático, o tratamento da DTM requer uma abordagem multidisciplinar em que o paciente seja tratado por uma equipe constituída por médico, cirurgião-dentista, psicólogo, fisioterapeuta e fonoaudiólogo, devendo restabelecer as funções debilitadas, buscar o alívio da dor, a redução da sobrecarga da musculatura, a promoção do equilíbrio neuromuscular e contatos prematuros entre os dentes, e minimizar o estresse e ansiedade. Dessa forma, critérios de diagnóstico que permitam um diagnóstico de forma simples e eficaz são fundamentais para o manejo da disfunção temporomandibular^{7,70-74}, conforme será apresentado na seção a seguir.

4.3 DC-TMD (CRITÉRIO DIAGNÓSTICO DA DTM)

O protocolo recentemente recomendado e padrão-ouro de critérios de diagnóstico para DTM (DC/TMD) Eixo I inclui um rastreador válido para detectar qualquer DTM relacionada à dor, bem como critérios diagnósticos válidos para diferenciar a DTM relacionada à dor mais comum (sensibilidade $\geq 0,86$, especificidade $\geq 0,98$) e para um distúrbio intra-articular (sensibilidade de 0,80 e especificidade de 0,97)⁷⁴. É possível demonstrar, através da árvore de decisão diagnóstica do DC-TMD, a classificação em mialgia, mialgia local, dor miofascial referida, dor miofascial com espalhamento, artralgia e dor de cabeça atribuída à DTM.

Os critérios diagnósticos para outras doenças intra-articulares comuns não têm validade adequada para diagnósticos clínicos, mas podem ser usados para fins de triagem⁷⁵. A confiabilidade interexaminadores para a avaliação clínica associada aos critérios validados de DC/TMD para DTM relacionada à dor é excelente ($\kappa \geq 0,85$). Além disso, também é apresentado um sistema de classificação abrangente que inclui as DTM comuns e as menos comuns⁷⁴. O protocolo do Eixo II mantém instrumentos de triagem originais selecionados, complementados com novos instrumentos para avaliar a função da mandíbula, bem como fatores comportamentais e psicossociais adicionais. As 41 perguntas dos instrumentos de triagem avaliam a intensidade e a incapacidade relacionada à dor, o sofrimento psicológico, as limitações funcionais da mandíbula e os comportamentos parafuncionais, e um desenho da dor é usado para representar os locais em que ela ocorre. Os instrumentos abrangentes, compostos por 81 questões, avaliam mais detalhadamente as limitações funcionais da mandíbula e o sofrimento psicológico, bem como questões adicionais de ansiedade e presença de condições de dor associadas a outras comorbidades⁷⁵.

O novo protocolo DC/TMD, baseado em evidências e recomendado, é apropriado para uso tanto em ambientes clínicos quanto de pesquisa⁷⁶. Instrumentos mais abrangentes complementam instrumentos de triagem curtos e simples para o Eixo I e o Eixo II. Esses instrumentos validados permitem a identificação de pacientes com diversas apresentações de DTM, de simples a complexas.

O DC/TMD é um protocolo que resultou da evolução do mais usado no diagnóstico de DTM, o RDC/TMD (critério diagnóstico para pesquisa)⁴¹, permitindo uma linguagem comum para o clínico e o pesquisador. Verificou-se, no contexto do Eixo I ^{44,74}, que ele representa uma evolução significativa face ao RDC/TMD, notabilizando-se por uma alteração significativa, quer no nível dos critérios de diagnóstico, quer no nível da própria nomenclatura de DTM. No entanto, apesar de os dados indicarem a necessidade do recurso aos meios de

exames de imagem para um diagnóstico definitivo na disfunção articular, eles não deverão ser usados como rotina, mas apenas quando são considerados necessários para determinado paciente ou projeto de investigação.

Relativamente ao Eixo II, apesar de as bases do RDC/TMD permanecerem, ele foi melhorado e apresenta agora um maior número de instrumentos que lhe permitem ser usado de forma mais eficiente. Para um diagnóstico no contexto da prática clínica comum, o Eixo II contém instrumentos mais curtos e simples, que permitem ao clínico um método simples de avaliação da intensidade da dor, do *stress* psicológico e da incapacidade associada à dor. Caso seja necessária uma avaliação mais exaustiva, como, por exemplo, no contexto de investigação, o Eixo II dispõe agora de instrumentos que permitem fazê-lo⁷⁶.

O DC/TMD é, assim, um passo necessário na direção do objetivo final, que é o desenvolvimento de um mecanismo que direcione o clínico de forma precisa na elaboração do plano de tratamento de seus pacientes com DTM. Ao utilizar o DC/TMD, outras patologias orofaciais, incluindo patologias de origem odontogênica, terão de ser excluídas previamente. Uma condição que apresente inchaço, rubor e vermelhidão, ou deficiências sensoriais ou motoras, deverá ser motivo de suspeita, já que esses não são sinais típicos de DTM.

O protocolo do DC/TMD abrange as formas mais comuns de patologias incluídas no Eixo I e os fatores contribuidores no Eixo II. Os instrumentos do Eixo II (PHQ - 4 - *Patient Health Questionnaire-4*, Questionário de Saúde do Paciente-4; GCPS - *Graded Chronic Pain Scale*, Escala Graduada de dor crônica) incluem 11 questões e um desenho da dor, sendo práticos para o clínico e o paciente. Seu uso, após a triagem, indica uma condição de dor primária⁷⁷.

No geral, os instrumentos do Eixo II identificam possíveis barreiras à resposta ao tratamento, fatores contribuidores para cronicidade e alvos para futura intervenção. Achados positivos, nesses instrumentos, podem requerer uma avaliação mais aprofundada por meio dos demais instrumentos de avaliação mais exaustivos do Eixo II ou o encaminhamento do paciente para o médico especialista.

O *Checklist Oral Behaviorista*, em tradução livre do inglês *Oral Behaviours Checklist* (OBC), avalia a presença de hábitos parafuncionais que são uma fonte de trauma para o sistema mastigatório. Da mesma forma, a *Escala de Limitação Funcional da Mandíbula*, do inglês *Jaw Functional Limitation Scale* (JFLS), pode ser usada para identificar limitações funcionais associadas à mandíbula que possam estar presentes em qualquer paciente.

Verificou-se uma mudança de paradigma, passando-se de uma avaliação baseada no clínico (RDC-TMD) para uma avaliação baseada no que o paciente relata (DC-TMD). Isto é,

os pacientes esperam que a forma como experienciam sua condição seja mais central⁷⁸. Como exemplo, a limitação de abertura tem sido tradicionalmente avaliada usando-se um limite de 40 mm. Uma alternativa é perguntar ao paciente se ele sente efetivamente algum tipo de limitação na sua abertura, independentemente desse limite pré-definido. É, assim, considerado o que o paciente sente e é aquilo que realmente tem de se ter em conta como uma sensação “familiar”⁷⁵.

Os sinais e sintomas de DTM podem simular outras condições de dor orofacial. Embora o diagnóstico físico preciso do tipo de DTM seja útil no desenvolvimento de um plano de tratamento adequado, ele pode não ser simples em todos os casos. A anamnese do paciente é parte importante do diagnóstico da condição da ATM. A aquisição da história segue o formato usual, com consideração da queixa principal e questionamentos sobre qualquer história de trauma ou episódios anteriores, fatores agravantes, como comer, falar, bocejar ou dor espontânea, e quaisquer investigações ou tratamentos anteriores. A intensidade da dor também deve ser graduada usando-se uma escala visual analógica (EVA), para que o progresso do tratamento possa ser monitorado quantitativamente. Uma história clínica pregressa e atual, incluindo uma lista completa de medicamentos em uso ou previamente utilizados, pode revelar quaisquer comorbidades relacionadas à DTM. O clínico deve observar hábitos, como tabagismo, etilismo e uso recreativo de drogas, além de qualquer história relacionada ao apertamento dentário ou bruxismo, conforme queixa do parceiro do paciente durante o período de sono⁷⁹⁻⁸¹.

Além disso, o clínico deve fazer perguntas sobre estresse e nível de satisfação com a vida, e se há algum evento da vida recente, como mudança de emprego ou perda de um ente querido. Embora a maioria dos clínicos que tratam DTM possa ter experiência com a aquisição de uma história clínica, alguns podem não se sentir confortáveis com uma história psicológica. Se desejar, o clínico pode empregar os inúmeros instrumentos psicossociais disponíveis para auxiliar no seu diagnóstico, como os do Eixo II da DC/DTM^{70,82}. Quando necessário, o paciente pode ser encaminhado para avaliação psicológica. A maioria dos clínicos que tratam a dor orofacial acredita que o exame clínico é o processo mais crucial para o diagnóstico de DTM. A localização da dor – e se a dor é localizada, permanece dentro ou se espalha além dos limites do músculo – deve ser confirmada com a palpação, que é feita em repouso e durante a função mandibular. Estalos ou crepitação sobre a função mandibular podem ser bastante óbvios em alguns casos, e a detecção pode ser auxiliada pelo uso de um estetoscópio. Curiosamente, a presença ou a localização do clique detectado pelo clínico pode ser diferente daquele relatado pelo paciente, e isso deve ser documentado. A faixa de abertura bucal medida

deve incluir abertura bucal máxima sem dor, abertura máxima da boca não assistida e abertura máxima da boca assistida. Qualquer desvio da mandíbula pode indicar obstrução diferencial do movimento do côndilo mandibular em rotação e (ou) translação. Um exame intraoral é realizado para descartar quaisquer patologias das mucosas da cavidade oral e região orofaríngea, bem como para avaliar o estado da dentição^{3,46,83,84}.

O reconhecimento das causas de dor e de disfunção relacionadas à DTM é importante para orientar as decisões terapêuticas. Por exemplo, diferentes opções de tratamento são frequentemente empregadas para o tratamento de DTM miogênica *versus* artrogênica. Além disso, naqueles pacientes que apresentam sintomas de DTM sem uma causa física aparente, que também sofrem de comorbidades psicológicas, podem ser melhor tratados por aconselhamento e intervenção psicológica⁵⁶. A parte mais importante do diagnóstico de DTM é diferenciar as doenças comuns daquelas clinicamente significativas, mas incomuns, bem como as condições mais graves que requerem atenção urgente⁸⁵. Por exemplo, algumas neoplasias, como o condrossarcoma da ATM, podem inicialmente compartilhar sinais e sintomas como alguns dos diagnósticos comuns de DTM, como dor na região pré-auricular e abertura limitada^{3,86,87}. Outro exemplo que requer atenção urgente é a arterite temporal, que é uma condição inflamatória dos vasos temporais com alguns sintomas semelhantes aos da DTM, como cefaleia, dor na região temporal e limitação da abertura bucal. No entanto, a arterite temporal é uma emergência médica que pode causar cegueira permanente, se não tratada prontamente^{56,88,89}.

4.4 APRENDIZADO DE MÁQUINA: ÁRVORES DE DECISÃO

A operacionalização e o tratamento das informações, face ao acúmulo, cada vez maior, de dados gerados pelos seres humanos e sistemas computacionais, tem gerado interesse da comunidade científica e se tornado campo de estudo conhecido como *big data*. Hoje, profissionais especialistas em *big data* dedicam esforços na construção de sistemas computacionais que facilitem a transformação dos dados em informação e em conhecimento mediante a criação de algoritmos que auxiliem na geração de soluções para problemas específicos. Uma dessas soluções computacionais é o aprendizado de máquina (AM). A função do AM é, a partir de um banco de dados, instruir o algoritmo a interagir com as diversas entradas do sistema, a fim de gerar um produto final que seja mais do que dados isolados, e sim um modelo capaz de identificar, categorizar e até mesmo prever eventos com alto valor informacional para que possam ser utilizados como ferramenta de apoio à tomada de decisão^{90,91}.

O processo de criação de um algoritmo de aprendizado de máquina envolve, principalmente, três fases: pré-processamento, treinamento e avaliação do modelo. Na fase inicial, os dados são organizados, a questão de pesquisa é estabelecida e os dados são divididos em conjuntos para treinamento e teste. Durante o treinamento do modelo, a aprendizagem pode ser tanto supervisionada quanto não supervisionada. Na aprendizagem supervisionada, o modelo utiliza dados que já vêm com classificações corretas, enquanto, na aprendizagem não supervisionada, o modelo deve identificar padrões e organizar os dados sem classificações pré-definidas. Na fase de avaliação, o modelo é submetido a testes com o conjunto de dados de teste, e os resultados obtidos são analisados e interpretados para que possam ser convertidos em informações úteis para a tomada de decisões^{90,92}.

Assim, durante a fase de pré-processamento dos dados para técnica de aprendizado supervisionado, é essencial apresentar o fluxo de trabalho, ou *workflow*, como é mostrado na Figura 8. Primeiramente, o conjunto de dados é separado em dois subconjuntos: treinamento e teste. Os dados do subconjunto de treinamento são utilizados para avaliação e ajuste do modelo preditivo, enquanto o subconjunto de teste é aplicado, ao final, para se obter uma estimativa mais precisa do desempenho futuro do modelo. Em outras palavras, serve para avaliar a capacidade de o modelo generalizar para novas observações, à semelhança do que seria o conceito de validade externa, ou seja, o modelo, frente a novos dados, tem capacidade de prever um determinado fenômeno esperado⁹³.

Todas as etapas de pré-processamento dos dados devem ser realizadas exclusivamente no conjunto de treinamento, sem incluir os dados de teste nesses ajustes. Por exemplo, se for necessário substituir um valor ausente de uma variável preditora pela média dos valores dessa variável, essa média deve ser calculada apenas com base no conjunto de treinamento. Quando esse procedimento é aplicado ao conjunto de teste, a substituição é feita utilizando-se a média obtida do conjunto de treinamento, sem considerar os dados do conjunto de teste. Essa abordagem visa evitar que o modelo tenha acesso antecipado às informações do conjunto de teste, o que poderia "contaminar" o desenvolvimento do modelo. Após concluir o pré-processamento, inicia-se o ajuste do modelo com o conjunto de dados de treinamento⁹⁴.

Com base nisso, a fim de minimizar os sobreajustes, podem-se aplicar técnicas de amostragem, destacando-se a validação cruzada *k-fold*. Nessa técnica, o conjunto de treinamento é dividido em **k** partes de tamanhos aproximadamente iguais. Em cada interação, **k-1** dessas partes são usadas para treinar o modelo preditivo, enquanto a parte restante é empregada para validar o modelo e avaliar seu desempenho. Esse processo é repetido até que cada parte tenha sido utilizada tanto para treinamento quanto para validação, resultando em **k**

estimativas de desempenho, que são geralmente resumidas pela média e pelo erro padrão. Com o desempenho de todos os preditores conhecido, é possível ajustar os hiperparâmetros para encontrar a melhor configuração e, assim, configurar o modelo final. Esse modelo final é, então, testado com o conjunto de teste para calcular seu desempenho⁹⁵.

Os modelos de aprendizado de máquina (ML) podem ser classificados em duas categorias principais: preditivos e descritivos. Modelos preditivos têm como objetivo identificar uma função ou fenômeno a partir dos dados (atributos de entrada) que, passados pela etapa de treinamento, possam ser usados para prever um rótulo ou um valor que descreva um novo exemplo. Os algoritmos que realizam essa função seguem o paradigma de aprendizado supervisionado. Esse termo se refere à ideia de ter um "supervisor externo" que conhece a saída desejada para cada exemplo. Assim, esse supervisor pode avaliar a habilidade de o modelo prever corretamente o valor de saída para novos exemplos⁹⁴. Por outro lado, em tarefas descritivas, o foco está na exploração ou descrição de um conjunto de dados. Os algoritmos para essas tarefas não utilizam o atributo de saída (variável de interesse) e seguem o paradigma de aprendizado não supervisionado. Um exemplo de tarefa descritiva é o agrupamento de dados cujo objetivo é identificar grupos de objetos semelhantes dentro dos conjuntos de dados⁹⁶.

Nos algoritmos de aprendizado supervisionado, o sistema aprende a relação entre os atributos de entrada e saída utilizando um conjunto de exemplos já rotulados. Uma das vantagens desse método é a capacidade de analisar múltiplos parâmetros, oferecendo soluções rápidas e automáticas para problemas em grande escala, além de garantir elevada precisão. Contudo, um dos desafios é a necessidade de rotular previamente os dados, uma tarefa que pode ser exigente em termos de armazenamento e processamento, especialmente quando se lida com grandes volumes de dados. Outro problema potencial é o fenômeno do sobreajuste, que ocorre quando o modelo se adapta excessivamente aos dados de treinamento. Isso pode fazer com que o modelo capture ruídos e detalhes irrelevantes específicos do conjunto analisado, em vez de padrões gerais que possam ser aplicados a novos dados. O sobreajuste é ainda mais provável quando o modelo é muito complexo ou quando há excesso de informações. Para lidar com esse problema, são frequentemente empregadas técnicas como validação cruzada, regularização e simplificação do modelo. Exemplos comuns de algoritmos supervisionados incluem regressão linear, regressão logística, k-vizinhos mais próximos, árvores de decisão, *random forest*, *gradient boosted trees* e redes neurais artificiais.

Por outro lado, os algoritmos de aprendizado não supervisionado têm como objetivo identificar padrões em grupos de dados com características semelhantes, visando descobrir

categorias e resultados desconhecidos ou não informados. Essa abordagem reduz a intervenção humana na análise, sendo ideal para dados multimodais ou multidimensionais, e facilita a identificação de novos resultados. No entanto, o custo elevado e a necessidade de uma grande quantidade de dados para desenvolver o modelo podem dificultar a interpretação dos resultados. Exemplos de técnicas não supervisionadas incluem análise de componentes principais, agrupamento hierárquico, *autoencoders* e análise linear de discriminantes⁹⁰.

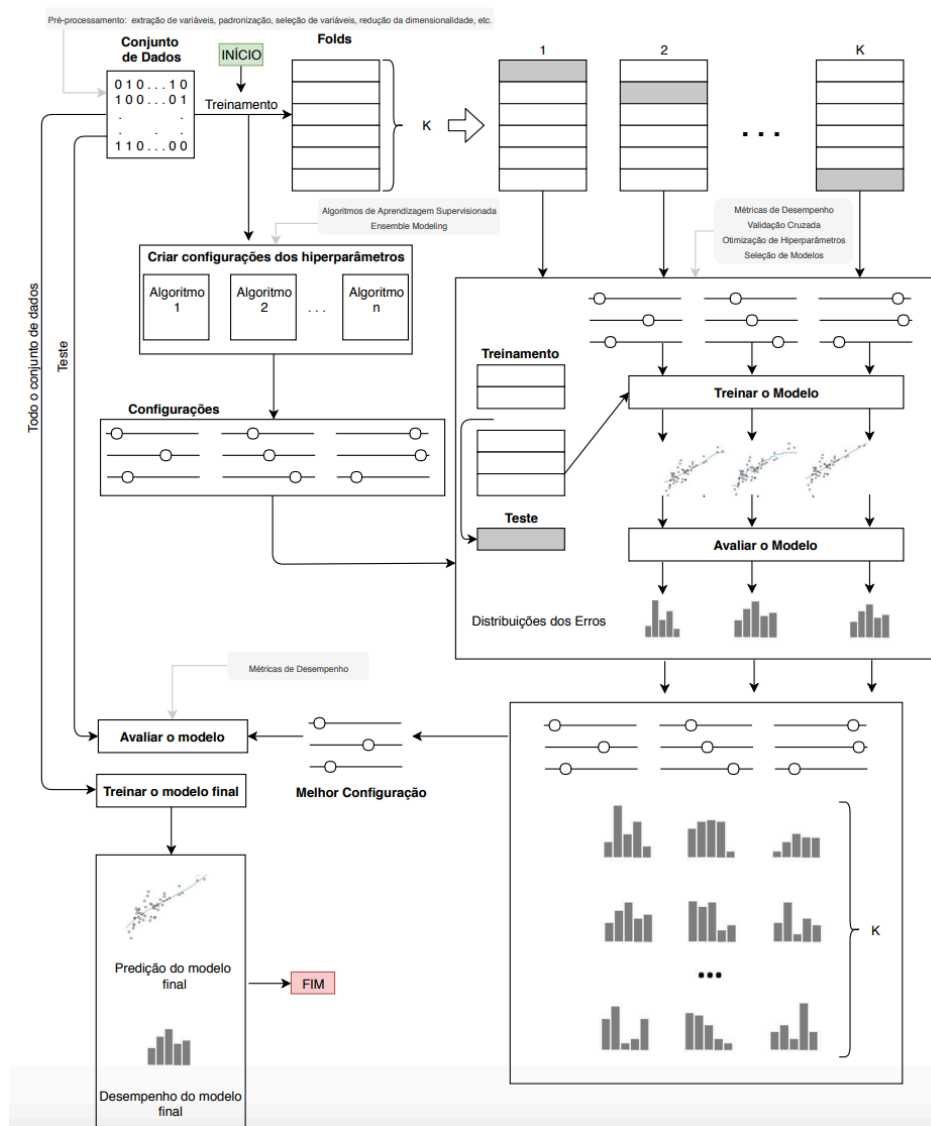
Neste estudo, para prever o diagnóstico de disfunção temporomandibular (DTM), foi escolhido um algoritmo de aprendizado supervisionado, mais especificamente um modelo de árvore de decisão. Esse tipo de algoritmo é especialmente eficaz para trabalhar com conjuntos de dados de tamanho médio. Ele opera através da criação de uma série de perguntas binárias (sim ou não) que classificam os dados. Estruturalmente, uma árvore de decisão é formada por nós internos que representam decisões baseadas nos atributos do conjunto de dados e ramos que mostram o caminho dessas decisões. Cada escolha gera novas possibilidades, formando ramificações que se expandem até um ponto final. A principal vantagem desse algoritmo é a sua simplicidade e a facilidade de interpretação, características que são fundamentais em aplicações no campo da saúde^{91,97-99}.

Na literatura, diversos algoritmos são utilizados para criar árvores de decisão, como o ID3 (*iterative dichotomiser 3*), C4.5 e CART (*classification and regression tree*). O ID3 seleciona os nós da árvore com base no ganho de informação, ou seja, mede a redução da incerteza após a divisão dos dados. Por outro lado, o CART emprega o índice de Gini para tarefas de classificação e a soma dos quadrados dos resíduos para atividades de regressão, visando a diminuição da impureza dos nós, em cada divisão. Um problema comum enfrentado pelas árvores de decisão é o sobreajuste, no qual a árvore pode desenvolver caminhos distintos para cada exemplo de treinamento, resultando em um modelo excessivamente complexo. Para mitigar esse problema, são implementadas técnicas de poda, que envolvem ajustes realizados pelo próprio modelo, utilizando dados específicos conhecidos como hiperparâmetros⁹⁵.

Ao aprender, os parâmetros da função preditiva são ajustados para minimizar o erro de previsão e aumentar a capacidade de generalização do modelo. Além dos parâmetros que são ajustados automaticamente pelo algoritmo, há também os hiperparâmetros, que devem ser configurados de forma a evitar o sobreajuste. O sobreajuste ocorre quando o modelo se adapta inadequadamente ao conjunto de treinamento, o que resulta em um desempenho desfavorável com novos dados. No entanto, deve-se evitar o subajuste (*underfitting*), que ocorre quando o modelo não se adapta adequadamente aos dados de treinamento, o que resulta em um desempenho insatisfatório. Dessa forma, o objetivo é minimizar a probabilidade de erros de previsão

em dados futuros, equilibrando o viés e a variância para melhorar a precisão do modelo em novos dados⁹⁵.

Figura 8 – Teste e treinamento do fluxo de trabalho de uma árvore de decisão



Fonte: Borboudakis (2017)¹⁰⁰

Para avaliar o desempenho do modelo final da árvore de decisão, após a predição do modelo, é possível utilizar diversas métricas. A acurácia é a precisão geral do modelo, indicando a proporção de previsões corretas entre todas as realizadas. O coeficiente de correlação de Matthews (MCC) oferece uma avaliação equilibrada, ao considerar os verdadeiros positivos, os falsos positivos, os verdadeiros negativos e os falsos negativos, particularmente útil para conjuntos de dados desbalanceados. A sensibilidade (ou *recall*) é uma medida da capacidade de o modelo identificar adequadamente as instâncias positivas,

enquanto a especificidade mede a eficiência em identificar as instâncias negativas. A precisão é a proporção de previsões positivas verdadeiras em relação ao número total de previsões positivas realizadas. A medida F combina precisão e sensibilidade em uma única métrica, o que proporciona um equilíbrio entre essas duas medidas. A curva Receiver Operating Characteristic (ROC) revela o equilíbrio entre a taxa de verdadeiros e falsos positivos em diferentes níveis de decisão. Finalmente, a AUC (Área sob a Curva ROC) fornece uma avaliação agregada do desempenho do modelo em todos os limiares possíveis, com valores mais altos indicando uma melhor capacidade de distinguir entre as classes positivas e negativas (com e sem o desfecho em questão; no caso deste trabalho, o desfecho considerado é ter ou não DTM)⁹⁴.

A entropia é uma medida importante no aprendizado de máquina, cujo objetivo é avaliar a impureza ou a incerteza em um conjunto de dados. Em algoritmos de árvores de decisão, como o ID3 ou C4.5, a entropia é usada para selecionar os atributos que melhor dividem os dados, aumentando o ganho de informação e, conseqüentemente, a homogeneidade dos subconjuntos. No presente estudo, a entropia foi utilizada como critério para avaliar a qualidade das divisões nos nós das árvores de decisão. Ela permitiu selecionar os atributos que melhor distinguem entre indivíduos com e sem DTM, o que auxiliou na criação de um modelo preditivo mais preciso. A diminuição da entropia, após uma divisão, indica um aumento na pureza dos subconjuntos, o que demonstra a eficácia do atributo escolhido para distinguir as classes, otimizando a estrutura da árvore de decisão¹⁰¹.

O último passo, no desenvolvimento de um modelo de aprendizado de máquina, é o treinamento utilizando o conjunto completo de dados. Esse processo culmina na criação de um modelo preditivo capaz de realizar previsões sobre a variável dependente, com base em novos dados. Uma vez que os algoritmos de AM possuem a capacidade de prever fenômenos a partir do treinamento de um modelo, esse sistema pode, em tese, ser aplicado para auxiliar na tomada de decisão clínica. Um exemplo prático é o diagnóstico automatizado de disfunção temporomandibular (DTM), uma vez que os dados utilizados para esse diagnóstico são provenientes de diferentes fontes, como informações clínicas, biomecânicas e radiológicas. Essa integração de dados permite que o modelo identifique padrões e forneça informações para apoiar profissionais de saúde em suas decisões¹⁰³.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados para dar cumprimento aos objetivos deste estudo.

5.1 DESENHO DO ESTUDO E LOCAL

Este é um estudo observacional, descritivo e transversal¹⁰⁴. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Movimento do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia, localizado no Pavilhão de Aulas do Canela, sala 107, no período de julho a setembro de 2019.

5.1.1 População e amostra

Os indivíduos foram convidados a participar por meio de mídia digital e impressa. Aqueles que atenderam aos critérios delineados e aceitaram, com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foram incluídos na pesquisa (Anexo A). A amostra foi composta por 50 participantes. A amostragem foi de conveniência, pelo tempo da pesquisa.

5.1.2 Critérios de inclusão

Os critérios de inclusão delineados para este estudo foram: 1) ser voluntária; 2) mulheres com idade entre 20 e 45 anos.

5.1.3 Critérios de exclusão

Os critérios de exclusão foram: 1) indivíduos que apresentam comprometimento neuropsicomotor; 2) estar ou ter se submetido a tratamento fisioterapêutico, fonoaudiológico e (ou) ortodôntico há menos de 6 meses antes da coleta dos dados; 3) algias nos membros inferiores; 4) escolioses; 5) alterações labirínticas; 6) estrabismos; 7) gestação; 8) histórico de trauma ortopédico ou má formação na região facial; 9) portador de doenças sistêmicas e (ou) reumatológicas; 10) IMC (índice de massa corporal) maior que 30; 11) uso de medicamentos que afetem o equilíbrio; e 12) falta de condições de participar da pesquisa, após a inclusão,

por questões de saúde ou qualquer intercorrência e (ou) desistência de participar dos procedimentos e etapas desta pesquisa.

5.2 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

A análise dos indivíduos envolveu duas situações: avaliação das características do sistema estomatognático, mais precisamente, do sistema temporomandibular (que engloba ATM e musculatura mastigatória), para diagnóstico clínico, e caracterização da DTM e avaliação da estabilidade postural através da baropodometria computadorizada.

5.2.1 Avaliação do sistema estomatognático (DC-TMD)

Essa avaliação foi feita através da anamnese e do exame físico do protocolo DC-TMD, que inclui, no Eixo 1, o rastreio da dor, questionário de sintomas, dores de cabeça, sons articulares, bloqueios de boca aberta ou fechada, bem como aspectos demográficos. No exame físico, ela inclui medidas de abertura e fechamento, protusão e lateralização, apertamento máximo da boca e a presença de dor durante o movimento. E ainda o questionamento sobre aparecimento de cliques e creptos, e palpação dos músculos temporais e masseter, da ATM, região posterior mandibular, submandibular, pterigoideo lateral e tendão temporal (ANEXO B). O diagnóstico clínico foi organizado em subgrupos, de acordo a árvore de decisão do DC-TMD em mialgia, dor miofascial referida e artralgia.

5.2.2 Avaliação baropodométrica

A baropodometria computadorizada utilizada foi uma plataforma sensorizada (tipo de sensor resistivo – faixa de pressão de 50 a 350 kpa, frequência de 50 a 100 Hz, tamanho do sensor 9 x 9 mm, placa de 50 x 70 x 4 mm, peso da placa 7 kg, fonte de energia via USB), que, conectada ao computador (*software* Loran Engineering, Biomech, 2013), mensura a distribuição da carga intra (ante e retropé bilateral) e interpés (pé direito e esquerdo) em kgf/mm^2 , em que a distribuição anteroposterior varia de 41 a 59% em cada parte do pé, e a látero-lateral varia de 49 a 51% em cada pé, em adultos jovens saudáveis³². Além disso, mensuramos a área de oscilação (mm^2), a velocidade da oscilação (mm/s), a oscilação nos eixos latero-lateral ($x\text{-mm}^2$) e anteroposterior ($y\text{-mm}^2$) em torno do centro de gravidade (CG), numa etapa denominada estabilometria, para captação dos centros de pressão (COP).

Determinamos, *a posteriori*, medidas polares no plano cartesiano na relação X-Y (reta – *rho*) e o ângulo (*theta*) em torno do eixo central (Anexo C). Para garantir a precisão e a qualidade dos dados, foram definidos parâmetros específicos para o tempo de coleta e os filtros de sinal de até 50 Hz. O tempo de execução para a coleta dos dados foi estabelecido em 30 segundos em cada condição. Esse período foi selecionado por fornecer uma janela de tempo suficiente para capturar as oscilações do COP, garantindo uma análise representativa do equilíbrio postural dos participantes. Para eliminar ruídos indesejados e garantir a integridade dos dados, o equipamento possui filtros passa-baixa e passa-alta. O filtro passa-baixa foi configurado para 100 Hz, enquanto o filtro passa-alta foi ajustado para 50 Hz.

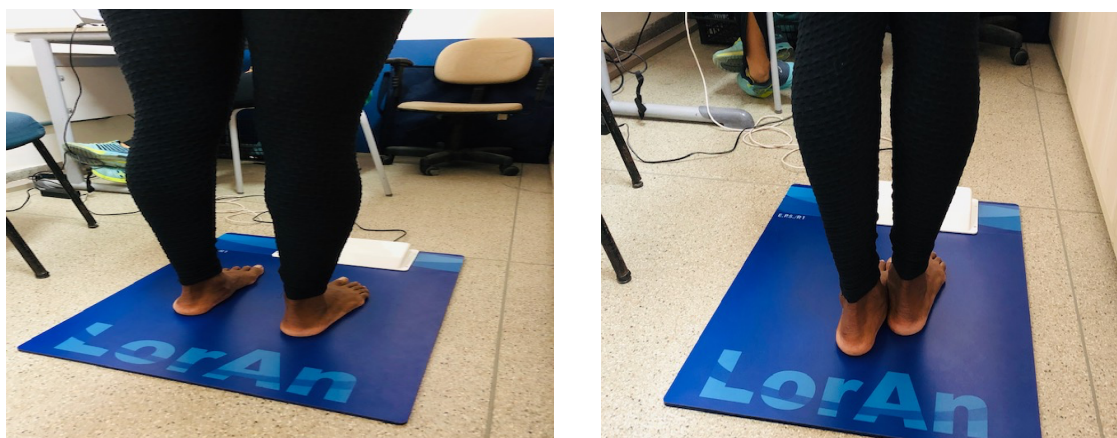
Durante a realização da avaliação, as participantes permaneceram na postura ortostática, descalças, os braços soltos ao longo do corpo e com o olhar fixo em um ponto pré-estabelecido na linha dos olhos, a uma distância de 1(un) metro, em uma sala com temperatura de 24 °C, bem iluminada e sem ruídos. Os registros foram realizados nas seguintes situações: a) boca aberta; b) mandíbula relaxada (repouso-oclusão cêntrica); c) contração voluntária com máxima intercuspidação (isometria de masseteres e temporais) incentivados pela pesquisadora com o comando verbal “Aperta, aperta, aperta!”. As três condições foram: com OA (olhos abertos), OF (olhos fechados) e posição dos pés com base na largura do quadril e semitandem (pé direito à frente, ao lado de metade do pé esquerdo atrás). Cada registro foi realizado durante 30 segundos e repetido 3 três vezes, com intervalo de 30 segundos entre as repetições, e 1 minuto entre a repetição de máxima intercuspidação e a subsequente (Apêndice 1). Foi considerada a terceira medida para o estudo, em razão do tempo de aprendizagem das participantes aos comandos anunciados apresentados pela pesquisadora, bem como a fim de reduzir o efeito do fenômeno de regressão à média. O tempo médio para cada avaliação foi de 50 minutos, conforme as imagens apresentadas a seguir (Figuras 9 e 10), e a representação do cenário de realização da avaliação é demonstrada na Figura 11.

Figura 9 – Imagem na condição de olhos abertos, fechados, boca aberta e fechada.



Fonte: arquivo fotográfico da autora (2024).

Figura 10 – Imagem na condição de base em largura de quadril e semitandem.



Fonte: arquivo fotográfico da autora (2024).

Figura 11 – Imagem ilustrativa da sala do exame



Fonte: elaborado pela autora (2024).

5.3 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram organizados em planilha eletrônica e analisados no ambiente estatístico do *software* R (versão 3.3.1). Tendo em vista o desenho do estudo, inicialmente, foram descritas as características dos participantes da pesquisa de acordo com o DC-TMD, e, simultaneamente, os dados da baropodometria computadorizada. Por tratar-se de um plano amostral não probabilístico, não foram calculadas estatísticas inferenciais, devido à impossibilidade da medida robusta do erro-padrão.

Quanto à classificação das variáveis, as variáveis dependentes (desfecho) são o equilíbrio postural: área e velocidade de oscilação (natureza linear) e o *rho* e *theta* (natureza circular), em 7 condições – olhos abertos, fechados, largura do quadril, semitandem, boca aberta, fechada e intercuspidação máxima (covariáveis). Já para as variáveis independentes (exposição), considerou-se a avaliação da amostra com e sem DTM.

5.4 ASPECTOS ÉTICOS

O presente estudo se caracteriza como um seguimento de uma pesquisa de mestrado, realizada no programa de pós-graduação, defendida em 2019, intitulada “Relação entre disfunção temporomandibular e equilíbrio postural: um estudo comparativo (Barbosa, 2019) com os trâmites éticos já finalizados. Na ocasião, o projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da entidade proponente (Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia) e aprovado de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº. 466 de 2012 e na Norma Operacional nº. 001 de 2013 do CNS, CAAE - 87211817.5.0000.5662. A partir da submissão na Plataforma Brasil, foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa do HUPES (Hospital Universitário Professor Edgard Santos da UFBA) para posterior apreciação, aprovado com CAAE - 87211817.5.3001.0049.

Todos os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, através do qual foi dada a permissão para a publicação dos resultados em meios acadêmicos e científicos, bem como foram esclarecidos sobre a confidencialidade das informações coletadas, a segurança dos procedimentos realizados e o caráter voluntário da participação na pesquisa, sem ônus ou bônus financeiro.

Sobre os resultados desta tese, apresentamos, nas seções seguintes, os dois artigos, elaborados seguindo o *checklist* da STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology), <https://www.strobe-statement.org/>, desenvolvido em 2004, que se

propõe a guiar o relato adequado de estudos observacionais, longitudinais (caso-controle e coorte) ou transversais.

6 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo estão apresentados mediante dois artigos.

6.1 ARTIGO 1

ANÁLISE DO EQUILÍBRIO POSTURAL DE INDIVÍDUOS COM E SEM DTM

Resumo

Introdução – O equilíbrio postural (EP) é mantido pela integração sensório-motora entre os sistemas somatossensorial (SS), visual, vestibular e motor. Como parte integrante do sistema somatossensorial e motor, a disfunção na articulação temporomandibular (ATM) não apenas pode manifestar sinais e sintomas de disfunção temporomandibular (DTM), mas também, potencialmente, pode influenciar o equilíbrio postural. **Objetivo** – Este estudo tem por objetivo caracterizar o EP entre indivíduos com e sem DTM, em diferentes condições sensório-motoras, com variações nos estímulos visuais e proprioceptivos (olhos, boca e pés). **Métodos** – Trata-se de um estudo observacional, descritivo e transversal, que envolveu 50 mulheres submetidas a critérios diagnósticos de DTM por meio do *Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC-TMD)*, sendo classificadas em dois grupos: com DTM (n=37) e sem DTM (n=13). O equilíbrio postural foi avaliado utilizando-se a estabilometria em sete condições diferentes: olhos abertos e fechados, boca aberta, fechada e em máxima intercuspidação e base de apoio na largura do quadril e semitandem. **Resultados** – As participantes com DTM exibiram maior área (mm²) $\mu = 269,8$ (366,97), $\mu = 210,6$ (233,15), IC 95%: -114,88 - -9,28; $p < 0,01$ e velocidade de oscilação (mm/s) $\mu = 8,97$ (5,89), 7,74 (3,33), IC 95%: -2,09 - -0,43; $p < 0,001$ do que as sem DTM. Apesar dessas diferenças, os tamanhos de efeito, medidos pelo coeficiente d de Cohen, foram considerados muito pequenos para a área (0,19) e pequenos para a velocidade (0,25). **Conclusão** – Concluímos que o equilíbrio postural das participantes com DTM diferiu daquele observado no grupo sem DTM e se mostrou sensível às alterações na presença de DTM, uma vez que a área e a velocidade de oscilação do centro de pressão (COP) foram maiores no grupo com DTM, independentemente das condições sensoriais testadas. Esses achados destacam a importância de se considerar a saúde da ATM ao avaliar o equilíbrio postural.

Palavras-chave: equilíbrio postural; sistema estomatognático síndrome da disfunção temporomandibular.

ANALYSIS OF POSTURAL BALANCE IN INDIVIDUALS WITH AND WITHOUT TMD

Abstract

Introduction – Postural balance (PB) is maintained by sensorimotor integration among the somatosensory (SS), visual, vestibular, and motor systems. As part of these systems, dysfunction in the temporomandibular joint (TMJ) can not only manifest signs and symptoms of temporomandibular disorder (TMD) but also potentially influence postural balance. **Objective** – This study aims to characterise PB between individuals with and

without TMD under different sensorimotor conditions with variations in visual and proprioceptive stimuli (eyes, mouth, and feet). **Methods** – This observational, descriptive, and cross-sectional study involved 50 women diagnosed with TMD according to the Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC-TMD), classified into two groups: with TMD (n=37) and without TMD (n=13). Postural balance was assessed using stabilometry under seven different conditions: eyes open and closed; mouth open, closed, and in maximum intercuspation; and support base at hip-width and semi-tandem. **Results** – Participants with TMD exhibited a larger sway area (mean = 269.8 mm², SD = 366.97 mm²; mean = 210.6 mm², SD = 233.15 mm²; 95% CI: -114.88 to -9.28; p < 0.01) and higher sway velocity (mean = 8.97 mm/s, SD = 5.89 mm/s; mean = 7.74 mm/s, SD = 3.33 mm/s; 95% CI: -2.09 to -0.43; p < 0.001) compared to those without TMD. Despite these differences, the effect sizes, measured by Cohen's d, were considered very small for area (0.19) and small for velocity (0.25). Nevertheless, the presence of TMD appears to influence postural balance, as the sway area and velocity of the centre of pressure (COP) were greater in the TMD group, regardless of the sensory conditions tested. **Conclusion** – We concluded that the postural balance of participants with TMD differed from that observed in the group without TMD, and they were sensitive to changes in the presence of TMD. The area and velocity of centre of pressure (COP) oscillation were greater in the TMD group, regardless of the sensory conditions tested. These findings highlight the importance of considering TMJ health when assessing postural balance.

Keywords: Postural balance. Stomatognathic system. Temporomandibular disorder. Stabilometry. Biomechanical analysis.

6.1.1 Introdução

O equilíbrio postural (EP) é a ação que busca minimizar a oscilação do centro de pressão (COP) em torno do centro de gravidade (CG) corporal, nos limites da base de sustentação do corpo¹⁰⁵. A esse respeito, o EP é resultante de um sistema complexo de mecanismos que são controlados por uma integração sensório-motora e têm, como principais entradas sensoriais, os sistemas visual, vestibular, auditivo e somatossensorial (SS), representado pela relação entre comando motor, *feedback* sensorial e integração multissensorial. A informação fornecida por sinais sensoriais é moldada pela dinâmica de cada sensor e pelo sistema de coordenadas no qual eles são referenciados², conforme é ilustrado na Figura 1.

O EP é determinado pelo controle do COP em torno do CG, em uma configuração elíptica. O COP não é um ponto fixo: ele se desloca continuamente à medida que o corpo oscila, para manter o equilíbrio. Esse padrão torna necessário que as análises sobre oscilação do COP sejam feitas com base nos conceitos das medidas circunferenciais. Dessa maneira, o deslocamento do COP pode ser representado (Fig. 2) como pontos na circunferência de um círculo unitário centrado na origem (CG), com vetores unitários

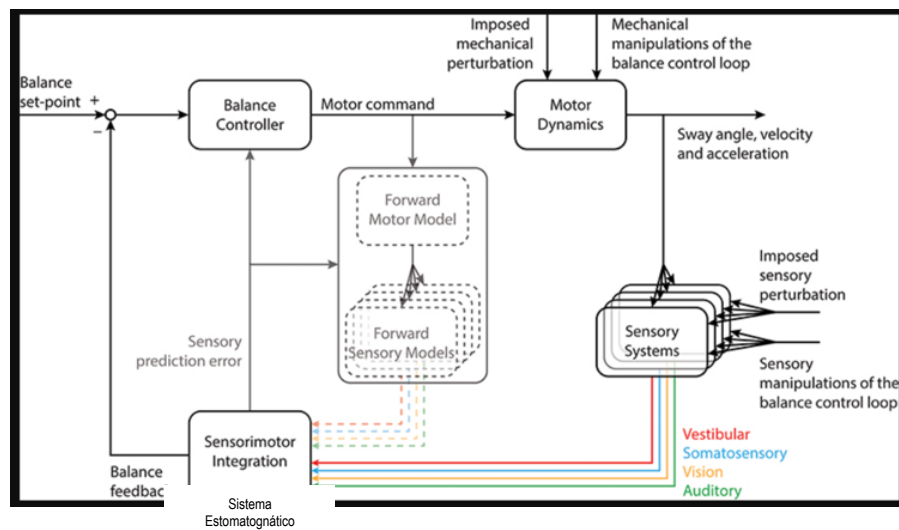
conectando a origem a esses pontos e delimitando uma reta (*rho*), que indica a magnitude da oscilação, e o ângulo (*theta*), que define e indica a variabilidade direcional do COP^{106,107}.

Um dos principais componentes que participam do SS é a articulação temporomandibular. A intensa rede de neurônios aferentes, que tem grande influência na integração sensorio-motora, faz com que a disfunção temporomandibular (DTM), além dos sintomas clássicos, como dor de origem articular e (ou) muscular, rigidez e sons articulares e cefaleia, possa contribuir com inapropriada informação proprioceptiva ao *feedback* sensorial, com potencial interferência no EP. No estudo de Minervini (2023)¹⁰⁸, os resultados mostraram que há uma correlação significativa entre a postura corporal e a DTM, sugerindo que o controle neuromuscular regula tanto a postura do corpo quanto a postura mandibular. A análise mostrou que problemas na DTM podem afetar a postura devido a conexões neuromusculares e ligamentares.

Diante da importância da ATM e da integração sensorio-motora no EP, emerge a necessidade de estudos que aprofundem o conhecimento do impacto que os ajustes finos do COP trariam ao EP, em situações disfuncionais como a DTM. Sendo assim, este artigo tem por objetivo verificar o comportamento do EP em pessoas com e sem DTM e em diferentes condições que fazem parte do cotidiano, como estar de olhos abertos e fechados, boca aberta e fechada e base de sustentação modificada.

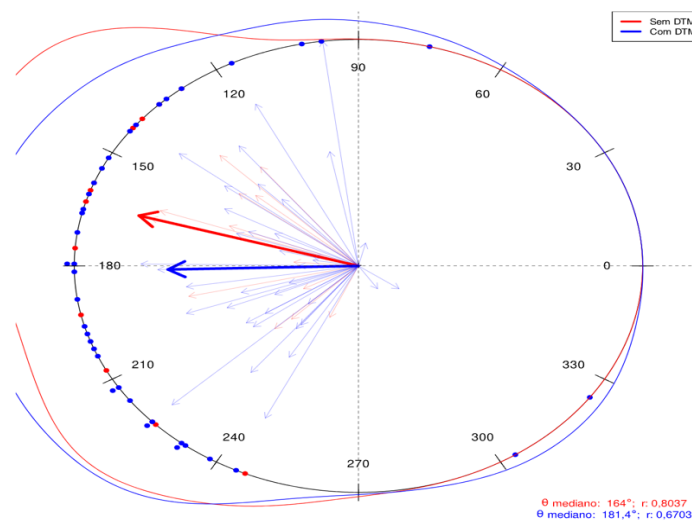
A esse respeito, a primeira hipótese era de que o movimento do COP fornecesse informações de que deslocamentos maiores ou mais rápidos podem indicar dificuldade em manter o equilíbrio, enquanto deslocamentos menores e controlados indicam uma condição estável. A segunda hipótese é de que a alteração nas entradas visual, oclusão e base de sustentação iria interferir na oscilação do COP, e que esse efeito seria maior nas diferentes condições da oclusão, em razão da possível influência do sistema estomatognático. Para isso, manipular a disponibilidade e (ou) a amplitude da informação sensorial de um ou mais sistemas sensoriais (visual, estomatognático, pés) seria uma forma de investigar a contribuição correspondente para o equilíbrio postural e (ou) a reponderação sensorial que poderia resultar¹⁰⁹.

Figura 1 – Esquema do circuito de controle do EP



Fonte: Rasman (2018)²

Figura 2 – Representação do EP em análise circular (ρ e θ)



Fonte: dados da pesquisa (2024).

6.1.2 Materiais e métodos

Trata-se de um estudo observacional, descritivo e transversal¹⁰⁴. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Movimento do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia, localizado no Pavilhão de Aulas do Canela, sala 107, no período de julho a setembro de 2019.

Os indivíduos foram convidados a participar por meio de mídias digitais e impressas, sendo incluídos, na pesquisa, aqueles que atenderam aos critérios delineados e aceitaram participar, com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A amostra de conveniência foi composta por 50 mulheres com idade entre 20 e 45 anos.

Os critérios de exclusão foram: indivíduos com comprometimento neuropsicomotor; estar ou ter se submetido a tratamento fisioterapêutico, fonoaudiológico e (ou) ortodôntico (há menos de 6 meses antes da coleta dos dados); algias nos membros inferiores; escolioses; alterações labirínticas; estrabismos; gestação; histórico de trauma ortopédico ou má formação na região facial; doenças sistêmicas e (ou) reumatológica; IMC (índice de massa corporal) maior que 30; e uso de medicamentos que afetam o equilíbrio.

Os procedimentos e os instrumentos para a coleta de dados envolveram duas situações: avaliação das características do sistema estomatognático, mais precisamente, do sistema temporomandibular (que engloba ATM e musculatura mastigatória) para diagnóstico clínico e caracterização da DTM (DC-TMD), e avaliação da estabilidade postural através da baropodometria computadorizada.

O *Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (DC-TMD) é um protocolo de avaliação utilizado para diagnosticar DTM e condições relacionadas. Ele foi desenvolvido para fornecer critérios consistentes e padronizados na identificação e classificação de diferentes tipos de DTM. O DC-TMD inclui uma entrevista clínica estruturada, questionários autoaplicáveis e exames clínicos específicos para avaliar a dor, a função mandibular, a mobilidade articular e outros sintomas relacionados à DTM. Esse protocolo é amplamente utilizado em pesquisa e prática clínica para garantir uma avaliação precisa e abrangente da dessa disfunção⁸².

A baropodometria computadorizada utilizada foi uma plataforma sensorizada (tipo de sensor resistivo – faixa de pressão de 50 a 350 kpa, frequência de 50 a 100 Hz, tamanho do sensor 9 x 9 mm, placa de 50 x 70 x 4 mm, peso da placa 7 kg, fonte de energia via USB), que, conectada a um computador (*software* Loran Engineering, Biomech, 2013), mensura a distribuição da carga intra (ante e retropé bilateral) e interpés (pé direito e esquerdo) em kgf/mm², em que a distribuição da carga na direção anteroposterior é cerca de 40% no antepé e 60% no retropé e 50% em cada pé, aceitando-se um desvio padrão de 5% (Wang, 2016) em adultos jovens saudáveis. Além disso, mensuramos a área de oscilação (mm²), a velocidade da oscilação (mm/s), a oscilação nos eixos latero-lateral (x-mm²) e anteroposterior (y-mm²) em torno do centro de gravidade (CG), numa etapa denominada estabilometria. Para eliminar ruídos indesejados e garantir a integridade dos

dados, o equipamento possui filtros passa-baixa e passa-alta. O filtro passa-baixa foi configurado para 100 Hz, enquanto o filtro passa-alta foi ajustado para 50 Hz.

Durante a realização do exame, os participantes permaneceram na postura ortostática, descalços, os braços soltos ao longo do corpo e com o olhar fixo num alvo na linha dos olhos, à distância de 1 metro, em uma sala climatizada, com boa iluminação e sem ruídos. A coleta foi organizada de acordo com as mudanças nas variáveis de interesse: visão, oclusão e base de sustentação, e cada coleta durou 30 segundos. A sequência dos registros foram a seguinte: boca aberta; b) mandíbula relaxada (repouso-oclusão cêntrica); c) contração voluntária com máxima intercuspidação (isometria de masseteres e temporais) incentivada pelo pesquisador com o comando verbal “Aperta, aperta, aperta!” durante todo tempo da coleta. Para o sistema visual, foi OA (olhos abertos) e OF (olhos fechados) e, em relação à base de sustentação, base na largura do quadril e semitandem (pé direito à frente ao lado de metade do pé esquerdo atrás). Cada registro foi repetido três vezes, com intervalo de 30 segundos entre as repetições, e 1 minuto entre a repetição de máxima intercuspidação e a subsequente. Foi considerada a terceira medida para o estudo, em razão da aprendizagem, e a fim de reduzir o efeito de regressão à média. O tempo total da coleta, para cada participante, foi de 50 minutos. O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da entidade proponente (Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia) e aprovado de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº. 466 de 2012 e na Norma Operacional nº. 001 de 2013 do CNS, CAAE - 87211817.5.0000.5662.

6.1.3 Análise estatística

Os dados coletados foram organizados em planilha do Excel e analisados no ambiente estatístico do R (3.3.1). Tendo em vista o desenho do estudo, inicialmente foram descritas as características dos indivíduos de acordo com o DC-TMD, e, simultaneamente, os dados da baropodometria computadorizada.

Quanto à classificação das variáveis, as variáveis dependentes (desfecho) são o equilíbrio postural, área, velocidade de oscilação e o *rho* (natureza linear), o *theta* (natureza circular) em 7 condições: olhos abertos, fechados, largura do quadril, semitandem, boca aberta, fechada e intercuspidação máxima (covariáveis). Já as variáveis independentes (exposição) são as avaliações da amostra com e sem DTM.

As variáveis foram tratadas nas análises da seguinte forma: para as condições de olhos abertos e fechados, foram consideradas seis variáveis; para as condições de posição do quadril e semitandem, também foram consideradas seis variáveis; e para as condições de boca aberta, fechada e em máxima intercuspidação, foram consideradas quatro variáveis. As condições foram testadas, pareadas uma a uma, e cruzadas, ou seja, cada variação da visão foi combinada com cada variação da base de sustentação e cada posição da oclusão. Isso permitiu uma análise detalhada e abrangente das interações entre as diferentes condições sensório-motoras e sua influência no equilíbrio postural.

Em seguida, para as variáveis de natureza linear (área, velocidade de oscilação e o *rho*), a normalidade dos dados foi avaliada com os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. Já o pressuposto de homogeneidade de variância foi avaliado pelo teste de Levene.

Sobre isso, para área, velocidade de oscilação e o *rho*, tanto os testes de Kolmogorov-Smirnov quanto o de Shapiro-Wilk indicaram a falta de normalidade (p-valor <0,001), e o teste de Levene demonstrou a falta de homogeneidade de variância, já que os p-valores são todos significativos (menores que 0,05).

Na análise da variável de natureza circular (*theta*), foi utilizado o teste de Von Mises, para testar normalidade dos dados, o qual verifica se os dados circulares seguem uma distribuição específica, que é análoga à distribuição normal. Mas, para dados angulares, como direções ou ângulos, os dados não seguiram a distribuição de Von Mises, indicando falta de normalidade, com um p-valor < 0.01.

Ainda assim, a fim de ajustar as possíveis discrepâncias nas análises, devido à falta de normalidade e homogeneidade de variância, foram utilizados dois métodos: *bootstrapping* (1000 reamostragens), utilizando-se intervalos de confiança (IC) de 95% Bias-Corrected and Accelerated (BCa), uma técnica robusta, que não assume a normalidade, com o uso destinado a corrigir desvios na distribuição dos dados e para lidar com diferenças no tamanho dos grupos, proporcionando uma estimativa mais confiável dos parâmetros estatísticos e seus intervalos de confiança; e a correção de Welch no teste T, para melhorar a confiabilidade dos resultados em situações em que a suposição de homocedasticidade (igualdade das variâncias) não se sustenta. Essa correção ajusta os graus de liberdade do teste T, tornando-o mais robusto, quando há variâncias desiguais entre os grupos, garantindo resultados mais precisos. Esses métodos foram utilizados para reforçar a confiança nos resultados das análises, corrigir desvios na distribuição de normalidade da amostra e diferenças de tamanho do grupo. Além disso, forneceram um

intervalo de confiança de 95% para as diferenças de médias, aumentando a robustez e a precisão das conclusões do estudo¹¹⁰.

Em seguida, para analisar as diferenças entre os grupos de variáveis de natureza linear, optamos pelo *teste T* para as análises univariadas, sendo 7 posições combinadas, gerando 12 variáveis; bivariadas, sendo cada uma das 7 posições; e, para as multivariadas, a Manova e a Anova fatorial em interação. Além disso, incluímos as estatísticas F (indica se existe uma diferença significativa entre as médias dos grupos), graus de liberdade (df – especificam o número de grupos e o número de observações, necessários para determinar a significância da estatística F) e valores de eta-quadrado parciais (informa o tamanho do efeito do fator ou interação que indica a proporção da variabilidade total em uma variável dependente, que é atribuível a um fator ou interação específica, excluindo a variabilidade de outros fatores e ajudando a entender a relevância prática dos resultados, além da significância estatística).

Considerando todas as 12 variáveis individualizadas (multivariadas) para a área, velocidade de oscilação, o *rho* e o *theta* (seno e cosseno), foi utilizada a função MANOVA.Wide, do pacote MANOVA.RM do R. Esse método aplica uma estatística do Tipo ANOVA modificada com *bootstrapping* não paramétrico (MATS – Multivariate Analysis of Variance for Time Series), proposta por Friederich *et al.* (2017)¹¹¹, útil em contextos de dados complexos, como séries temporais ou medidas repetidas, em que as relações entre as variáveis são mais intrincadas.

Ademais, para a variável de natureza angular (*theta*), optamos pelo teste não paramétrico de Watson-Wheeler para as diferenças de médias. Como não há uma medida específica para o tamanho do efeito em análises com variáveis angulares, essa medida não está bem definida. Com isso, não foi possível calcular intervalos de confiança, porque o método de *bootstrapping*, que ajuda a estimar intervalos de confiança, não é implementável para esse tipo de análise com variáveis angulares¹¹².

Além disso, foi utilizada a ANOVA de medidas repetidas, em que foram analisadas as diferenças de médias entre os mesmos indivíduos, comparando-se uma condição *baseline* (olhos abertos, base na largura do quadril e boca fechada) com as demais condições combinadas.

Ademais, sobre as medidas de tamanho de efeito, utilizamos o D de Cohen (1988), o qual fornece pontos de corte para definir efeitos pequenos ($\eta^2 < 0,01$), moderados (η^2 entre 0,02 e 0,06) e grandes ($\eta^2 > 0,14$). O tamanho do efeito é uma medida que ajuda a entender a magnitude da diferença entre grupos¹¹³.

6.1.4 Resultados

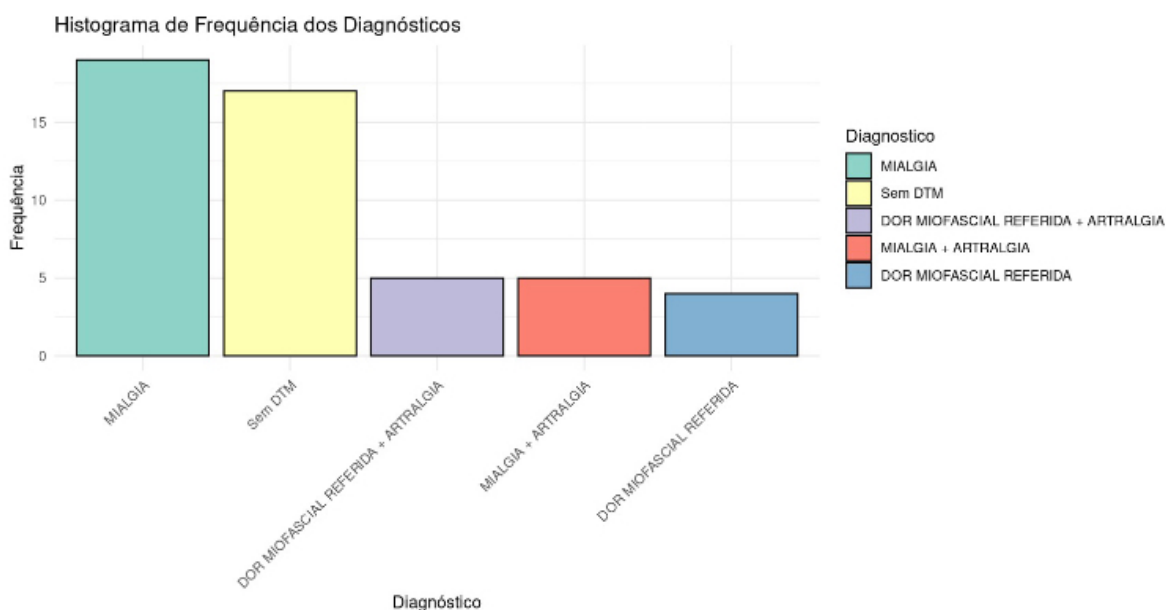
Neste estudo, optamos por uma amostra de conveniência bastante homogênea – apenas mulheres, com idade entre 20 e 45 anos, com DTM (n=37) e sem DTM (n=13) –, a fim de minimizar a influência de covariáveis e confundidores, como, por exemplo, a influência de sexo e idade. A seguir, outras características clínico-demográficas estão presentes na Tabela 1 e no Gráfico 1, demonstrando a frequência absoluta por subgrupos.

Tabela 1 – Características clínico-demográficas

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Assimetria (erro- padrão)		Curtose (erro-padrão)	
Idade (anos)	50	20	45	26,48	6,2	1,3	0,3	1,5	0,6
Peso (kg)	50	44	88	62,8	11,8	0,3	,337	-0,8	0,6
Altura (metros)	50	1,49	1,78	1,63	0,07	0	,337	-0,6	0,6
Dominância	50	1,00 (E)	2,00 (D)	1,92	0,2	-3,2	,337	8,5	0,6
N Válido	50								

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Gráfico 1 – Frequência de DTM em subgrupos e sem DTM.



Fonte: dados da pesquisa (2024).

A Tabela 2 apresenta as diferenças de média sobre a influência da DTM na área de oscilação para cada posição de olhos, quadril e boca. Adicionalmente, as diferenças de média, em conjunto com as posições combinadas (Tabela 2.1).

Tabela 2 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias para área de oscilação (mm²)

Variáveis	Grupos comparados		Teste <i>t</i> e p valor	Tamanho do efeito		Intervalo de confiança 95%BCa	
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		D'Cohen	Interpretação de Cohen	Inferior	Superior
Olhos abertos	268,09(286,07)	336,45(452,55)	-69,08(ns)	0,181	muito pequeno	-164,18	17,40
Olhos fechados	153,1(143,28)	203,16(238,26)	-50,07*	0,25	pequeno	-100,46	-3,2
Posição dos olhos (F (1,596) = 15,111, p-valor<0,001, η^2 p=0,044) Interação com DTM (F (1,596) = 0,145, p-valor>0,05, η^2 p=0)							
Quadril	77,93(113,24)	125,86(202,81)	-47,73**	0,29	pequeno	-90,15	-9,26
Semitandem	343,26(246,57)	413,74(433,12)	-70,45(ns)	0,2	pequeno	-163,19	10,06
Posição do quadril (F (1,596) = 98,875, p-valor<0,001, η^2 p=0,003) Interação com DTM (F (1,596) = 0,271, p-valor>0,05, η^2 p=0)							
Boca aberta	223,36(250,25)	282,14(365,19)	-58,91 (ns)	0,18	muito pequeno	-157,58	32,05
Boca fechada	195,28(205,08)	239,83(265,98)	-44,65 (ns)	0,18	muito pequeno	-116,78	22,88
Máxima intercuspidação	213,15(242,62)	287,44(449,57)	-73,059 (ns)	0,2	pequeno	-194,67	22,27
Posição da boca (F(1,594) = 0,294, p-valor>0,05, η^2 p=0,003) Interação com DTM (F(1,596)= 0,122, p-valor>0,05, η^2 p=0)							

Legenda – BCa, Bias Corrected acceleration (estimativa de *bootstrapping*); ns, não significativo; *p-valor<0,05; **p-valor<0,01; e ***p-valor<0,001.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Tabela 2.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias para área de oscilação combinadas (mm²)

Variáveis	Grupos comparados		Teste <i>t</i> e <i>p</i> valor	Tamanho do efeito		Intervalo de confiança 95%BCa	
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		D’Cohen	Interpretação de Cohen	Inferior	Superior
OA_QUA_BA	58,21(34,12)	95,36(123,53)	-65,27(ns)	-0,41	Pequeno	-99,38	9,12
OA_QUA_BF	63,17(68,5)	110,7(156,663)	-47,76(ns)	-0,39	Pequeno	-129,35	14,93
OA_QUA_IM	74,02(117,4)	126,9(192,108)	-52,9(ns)	-0,33	Pequeno	-152,95	32,37
OA_ST_BA	256,07(154,34)	325,77(285,83)	-69,11(ns)	-0,3	Pequeno	-215,82	52,75
OA_ST_BF	232,98(122,5)	224,39(177,52)	8,74(ns)	0,05	Muito Pequeno	-81,63	94,74
OA_ST_IM	234,16(140,24)	335,78(322,68)	-101,98(ns)	-0,4	Pequeno	-266,81	33,98
OF_QUA_BA	85,21(108,78)	150,77(272,61)	-64,97(ns)	-0,31	Pequeno	-206,39	39,08
OF_QUA_BF	96,83(157)	145,83(296,7)	-47,84(ns)	-0,2	Pequeno	-209,47	68,45
OF_QUA_IM	90,12(147,36)	125,55(129,77)	-35,5(ns)	-0,25	Pequeno	-111,95	44
OF_ST_BA	493,94(308,67)	556,66(497,79)	-61,35(ns)	-0,15	Muito Pequeno	-318,63	167,57
OF_ST_BF	388,12(245,24)	478,40(251,81)	-90,34(ns)	-0,363	Pequeno	-237,6	44,52
OF_ST_IM	454,29(300)	561,45(740,06)	-107,05(ns)	-0,2	Muito Pequeno	-503,51	164,6

Legenda – BCa, Bias Corrected acceleration (estimativa de bootstrapping); ns, não significativo; **p*-valor<0,05; ***p*-valor<0,01; ****p*-valor<0,001; AO, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima.

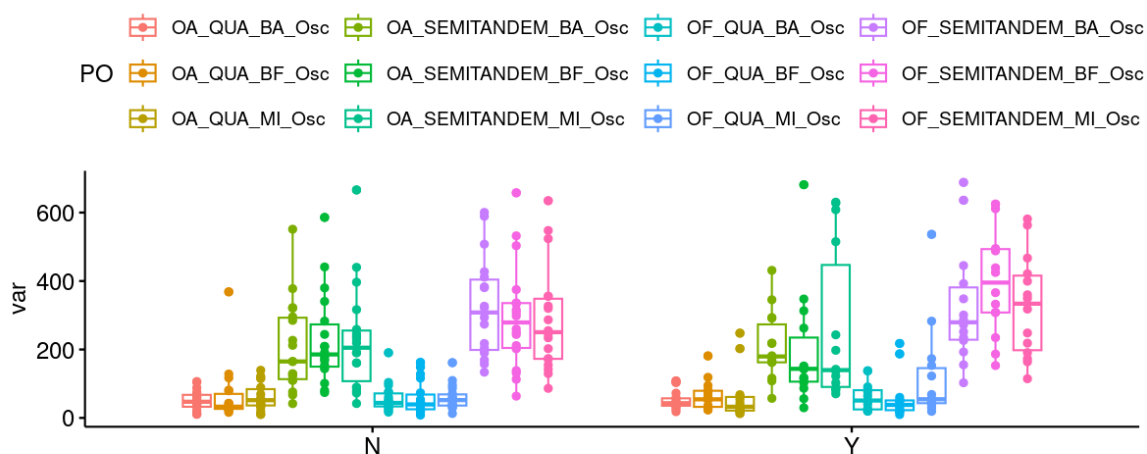
Fonte: dados da pesquisa (2024).

A partir dos dados presentes na Tabela 2, constatamos uma diferença significativa na área de oscilação entre os grupos na condição de olhos fechados e na condição de base de suporte na largura no quadril. Os resultados indicam que a presença de DTM tem um impacto variável, dependendo da condição corporal e da posição analisada. Clinicamente, isso sugere que os pacientes com DTM podem experimentar diferentes graus de dificuldade e desconforto em situações específicas. Isso implica que a falta de *feedback* visual pode exacerbar as dificuldades posturais em indivíduos com DTM e com a base de suporte mais estável na largura do quadril; ainda assim, foi capaz de gerar diferenças na área de oscilação corporal. E, na Tabela 2.1, verifica-se que não houve diferença significativa entre os

grupos. Clinicamente, observamos que é possível ter havido uma compensação entre os sistemas visual, musculoesquelético e estomatognático, em que a integração multissensorial reponderou as informações.

No Gráfico 2, é apresentada uma análise de variância com medidas repetidas, comparando-se o mesmo indivíduo em diversas, posições com e sem DTM, em relação à área de oscilação. Não houve diferença entre as participantes, $p=0,2$. É possível que tenha ocorrido uma reponderação multissensorial e que a DTM não repercutiu na área de oscilação nas condições observadas, de forma combinada.

Gráfico 2 – Análise de variância com medidas repetidas para área de oscilação (mm^2)



Legenda – PO, posições observadas; OA, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima; N, sem DTM; Y, com DTM.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na Tabela 3, observou-se uma diferença significativa na velocidade de oscilação em todas as condições, exceto nas de boca fechada e máxima intercuspidação. Isso indica que a DTM afeta a estabilidade postural, resultando em maior velocidade de oscilação corporal, instabilidade e dificuldade em manter o equilíbrio. Clinicamente, isso sugere que, ao aumentar a tensão muscular nas condições de boca fechada e máxima intercuspidação, há uma compensação nas cadeias musculares craniocaudais, funcionando como um mecanismo protetivo para diminuir a tensão em outras áreas e, assim, não apresentando diferenças significativas. Por outro lado, na Tabela 3.1, apesar de os tamanhos de efeito variarem entre muito pequeno e pequeno, os dados não apresentaram diferenças significativas. Isso indica que, embora existam variações na estabilidade postural entre os grupos com e sem DTM, essas variações não são suficientemente grandes para serem

consideradas estatisticamente relevantes, situação semelhante apresentada na variável anterior.

Tabela 3 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias para velocidade de oscilação (mm/s)

Variáveis	Grupos comparados		Teste <i>t</i> e p valor	Tamanho do efeito		Intervalo de confiança 95%BCa	
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		D’Cohen	Interpretação de Cohen	Inferior	Superior
Olhos abertos	6,78(2,74)	7,74(5,4)	-0,1*	-0,22	pequeno	-2,11	-0,1
Olhos fechados	8,7(3,58)	10,21(6,12)	-1,5**	-0,3	pequeno	-2,75	-0,26
Posição dos olhos (F (1,6) = 18, p-valor<0,001, partial-h ² =0,05) Interação com DTM (F (1,6) = 0,6 p-valor>0,05, partial-h ² =0,001)							
Quadril	6,46(2,89)	7,74(5,8)	-1,3**	-0,3	pequeno	-2,5	-0,2
Semitandem	9,02(3,25)	10,21(5,74)	-1,18*	-0,25	pequeno	-2,41	-0,1
Posição do quadril (F (1,6) = 32,9, p-valor<0,001, partial-h ² =0,08) Interação com DTM (F (1,6) = 0,012, p-valor>0,05, partial-h ² =0)							
Boca aberta	7,79(3,02)	9,76(7,81)	-1,7**	-0,33	pequeno	-3,93	-0,3
Boca fechada	7,79 (3,84)	8,63 (4,39)	-0,84(ns)	-0,2	muito pequeno	-2,04	0,3
Máxima intercuspidação	7,64 (3,08)	8,52 (4,88)	-0,88 (ns)	-0,21	pequeno	-2,13	0,3
Posição da boca (F (1,6) = 0,047, p-valor>0,05, partial-h ² =0,003) Interação com DTM (F (1,6) = 0,968, p-valor>0,05, partial-h ² =0,003)							

Legenda – BCa, Bias Corrected acceleration (estimativa de *bootstrapping*); ns, não significativo; *p-valor<0,05; **p-valor<0,01; ***p-valor<0,001.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Tabela 3.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias para velocidade de oscilação combinados (mm/s)

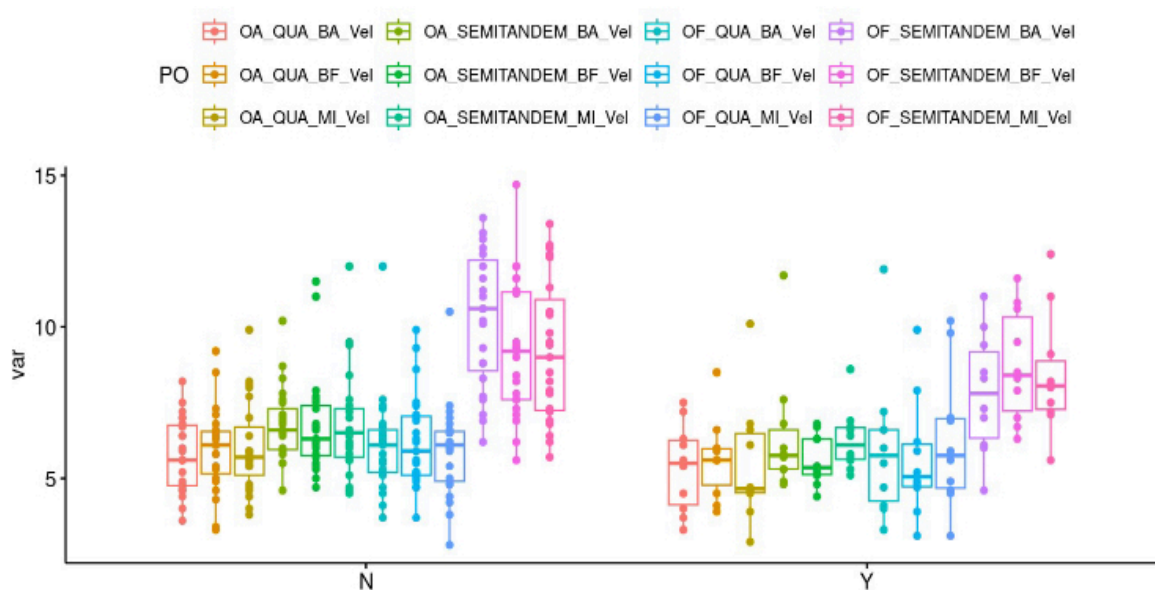
Variáveis	Grupos comparados		Teste <i>t</i> e <i>p</i> valor	Tamanho do efeito		Intervalo de confiança 95%BCa	
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		D’Cohen	Interpretação de Cohen	Inferior	Superior
OA_QUA_BA	6,06(1,22)	9,07(11,12)	-3,05(ns)	-0,39	Pequeno	-8,59	0,5
OA_QUA_BF	7,106(5,76)	7,13(3,76)	-0,03(ns)	-0	Muito Pequeno	-2,44	2,73
OA_QUA_IM	6,08(1,44)	6,68(3,11)	-0,6(ns)	-0,25	Pequeno	-2,11	0,77
OA_ST_BA	7,27(1,37)	8,7(4,1)	-1,44(ns)	-0,5	Pequeno	-3,4	0,25
OA_ST_BF	7,05(1,63)	7,41(2,81)	-0,33(ns)	-0,15	Muito Pequeno	-1,76	0,94
OA_ST_IM	7,13(1,82)	7,4(2,47)	-0,27(ns)	-0,1	Muito Pequeno	-1,5	0,1
OF_QUA_BA	6,28 (1,53)	7,71(4,22)	-1,44(ns)	-0,44	Pequeno	-3,42	0,35
OF_QUA_BF	6,71(2,42)	8,07(4,76)	-1,36(ns)	-0,35	Pequeno	-3,74	0,77
OF_QUA_IM	6,52(2,32)	7,72(4,38)	-1,18(ns)	-0,34	Pequeno	-3,44	0,71
OF_ST_BA	11,55(3,37)	13,55(8,63)	-2(ns)	-0,3	Pequeno	-6,26	1,55
OF_ST_BF	10,29(3,15)	11,91(4,46)	-1,64(ns)	-0,41	Pequeno	-3,93	0,53
OF_ST_IM	10,82(3,67)	12,28(6,59)	-1,478(ns)	-0,27	Pequeno	-4,85	1,4

Legenda – BCa, Bias Corrected acceleration (estimativa de bootstrapping); ns, não significativo; **p*-valor<0,05; ***p*-valor<0,01; e ****p*-valor<0,001; AO, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta, BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

No Gráfico 3, é apresentada uma análise de variância com medidas repetidas, comparando-se o mesmo indivíduo em diversas posições com e sem DTM, em relação à velocidade de oscilação. Não houve diferença entre os participantes, $p=0,08$. A capacidade de os participantes manterem uma estabilidade postural adequada, mesmo com a presença de DTM, sugere uma compensação eficaz do sistema sensorial, destacando-se a capacidade adaptativa do sistema nervoso para equilibrar múltiplas fontes de informação sensorial.

Gráfico 3 – Análise de variância com medidas repetidas para velocidade de oscilação (mm/s)



Legenda – PO, posições observadas; AO, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima; N, sem DTM; Y, com DTM.
 Fonte: dados da pesquisa (2024).

Ao considerar, na Tabela 4, os dados que informam sobre os parâmetros circulares (ρ), identificamos que houve diferenças de médias em todas as condições, com exceção de boca aberta e tamanhos de efeito pequenos, em todas as condições. O tamanho da reta (ρ) indica a magnitude da oscilação corporal. Maiores valores de ρ indicam maior oscilação nas direções anteroposterior e latero-lateral combinadas. Essas mudanças podem implicar uma maior dificuldade para os pacientes com DTM em manter o equilíbrio em uma magnitude ampliada da oscilação corporal. Além disso, justifica a condição de boca aberta não apresentar diferenças. Na condição em que não há o contato oclusal, a DTM não afeta o equilíbrio postural. Na Tabela 4.1, com as variáveis combinadas, identificamos que houve diferença de média na condição olho aberto, quadril e boca fechada (OA_QUA_BF) e na combinação de olho fechado, quadril e intercuspidação máxima (OF_QUA_IM) e tamanhos de efeito moderado e grande, respectivamente. Clinicamente, isso sugere que o sistema visual, combinado às condições de contato oclusal, afeta, de forma moderada a grande, o equilíbrio postural.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias para *rho* (tamanho da reta)

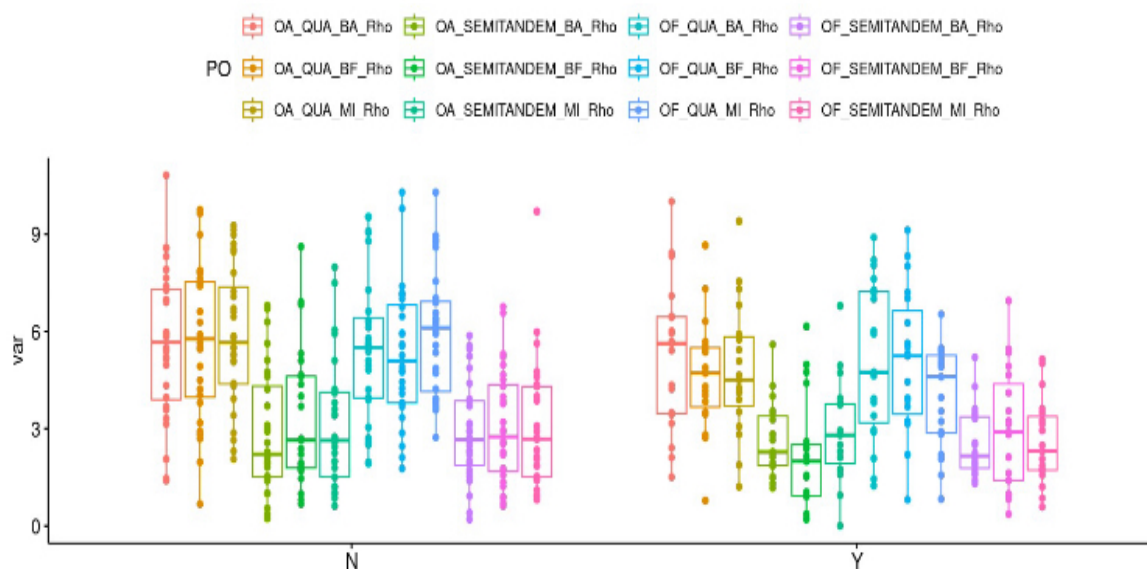
Variáveis	Grupos comparados		Teste <i>t</i> e <i>p</i> valor	Tamanho do efeito		Intervalo de confiança 95%BCa	
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		D'Cohen	Interpretação de Cohen	Inferior	Superior
Olhos abertos	4,5(2,66)	3,74(2,1)	0,76**	0,31	pequeno	0,22	1,3
Olhos fechados	4,49(2,5)	3,71 (2,1)	0,77**	0,33	pequeno	0,23	1,3
Posição dos olhos (F (1,596) = 0,001, p-valor>0,05, partial-h ² =0) Interação com DTM (F (1,596) = 0,001, p-valor>0,05, partial-h ² =0)							
Quadril	5,93(2,37)	4,82(2,07)	1,1***	0,5	pequeno	0,6	1,61
Semitandem	3,06(1,9)	2,64(1,47)	0,42*	0,25	pequeno	0,04	0,8
Posição do quadril (F (1,596) = 186,73, p-valor<0,001, partial-h ² =0,295) Interação com DTM (F (1,596) = 4,05, p-valor<0,05, partial-h ² =0,007)							
Boca aberta	4,46(2,64)	3,89(2,24)	0,57 (ns)	0,23	pequeno	-0,11	1,22
Boca fechada	4,42(2,57)	3,72(2,2)	0,69*	0,3	pequeno	0,02	1,37
Máxima intercuspidação	4,6(2,55)	3,57(1,84)	1,04**	0,46	pequeno	0,43	1,63
Posição da boca (F (1,594) = 0,198, p-valor>0,05, partial-h ² =0) Interação com DTM (F (1,596) = 0,4837, p-valor>0,05, partial-h ² =0,002)							

Legenda – DP, desvio padrão; BCa, Bias Corrected acceleration (estimativa de *bootstrapping*); ns, não significativo; *p-valor<0,05; **p-valor<0,01, e ***p-valor<0,001.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

No Gráfico 4, é apresentada uma análise de variância com medidas repetidas, comparando-se o mesmo indivíduo em diversas posições com e sem DTM, em relação ao *rho*. Houve diferenças significativas com $p = 0,01$. O resultado demonstrou que o tamanho da reta das participantes com DTM é menor do que as sem DTM, o que indica uma magnitude menor de oscilação com o COP mais próximo ao centro da circunferência (centro de gravidade). Clinicamente, apresenta tensões musculares no eixo crânio-podálico que interferem na resultante das oscilações posturais anteroposterior e latero-lateral.

Gráfico 4 – Análise de variância com medidas repetidas para o ρ (tamanho da reta)



Legenda – PO, posições observadas; OA, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima; N, sem DTM; Y, com DTM.
 Fonte: dados da pesquisa (2024).

Tabela 4.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias para rho (tamanho da reta) combinados

Variáveis	Grupos comparados		Teste <i>t</i> e <i>p</i> valor	Tamanho do efeito		Intervalo de confiança 95%BCa	
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		D'Cohen	Interpretação de Cohen	Inferior	Superior
OA_QUA_BA	5,887(2,479)	5,268(2,292)	0,635(ns)	0,259	Pequeno	-0,707	1,937
OA_QUA_BF	6,119(2,647)	4,644(1,753)	1,486*	0,657	Moderado	0,307	2,671
OA_QUA_IM	5,906(2,258)	4,805(2,025)	1,092(ns)	0,513	Pequeno	-0,102	2,265
OA_ST_BA	2,95(2,049)	2,644(1,162)	0,31(ns)	0,184	Muito Pequeno	-0,548	1,207
OA_ST_BF	3,054(1,999)	2,204(1,722)	0,847(ns)	0,456	Pequeno	-0,166	1,857
OA_ST_IM	3,083(1,924)	2,875(1,554)	0,203(ns)	0,119	Muito Pequeno	-0,741	1,147
OF_QUA_BA	5,959(2,64)	5,12(2,432)	0,844(ns)	0,331	Pequeno	-0,58	2,274
OF_QUA_BF	5,406(2,126)	5,062(2,215)	0,344(ns)	0,158	Muito Pequeno	-0,87	1,532
OF_QUA_IM	6,282(2,12)	4,002(1,592)	2,278***	1,22	Grande	1,276	3,32
OF_ST_BA	3,028(1,527)	2,536(1,067)	0,49(ns)	0,373	Pequeno	-0,237	1,18
OF_ST_BF	3,116(1,956)	2,986(1,87)	0,13(ns)	0,0680	Muito Pequeno	-0,947	1,185
OF_ST_IM	3,149(2,027)	2,582(1,321)	0,571(ns)	0,331	Pequeno	-0,337	1,499

Legenda – BCa, Bias Corrected acceleration (estimativa de bootstrapping); ns, não significativo; **p*-valor<0,05; ***p*-valor<0,01, e ****p*-valor<0,001; AO, olhos abertos, OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima.
Fonte: dados da pesquisa (2024).

A Tabela 5 apresenta os parâmetros circulares (theta - ângulo da reta). Nota-se uma diferença significativa nas condições de olhos abertos, fechados, quadril e máxima intercuspidação. Clinicamente, observamos uma maior variabilidade angular das participantes com DTM. Sugerimos que os sistemas visual e estomatognático (máxima intercuspidação) podem ter influenciado essas diferenças, além do perfil clínico de lateralidade destra, o que justifica os deslocamentos com variabilidade angular para a esquerda. Já na Tabela 5.1, os dados apresentam diferença na condição combinada de olho fechado, quadril e intercuspidação máxima (OF_QUA_IM), condições em que os sistemas visuais e estomatognático estão mais vulneráveis.

Tabela 5 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias circulares para *theta* (radianos)

Variáveis	Grupos comparados		Teste Watson-Wheeler	p -valor
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		
Olhos abertos	0,1(2,29)	-0,64(2,22)	-0,18	**
Olhos fechados	0,33(2,31)	-0,36(2,17)	0,06	**
Quadril	0,16(2,55)	-0,75(2,32)	-0,1	**
Semitandem	0,27(2,03)	-0,25(2,05)	0,07	(ns)
Boca aberta	0,25(2,35)	-0,38(2,21)	0,01	(ns)
Boca fechada	0,22(2,28)	-0,3(2,24)	0,01	(ns)
Máxima intercuspidação	0,17(2,3)	-0,82 (2,13)	-0,2	*

Legenda – DP, desvio padrão; ns, não significativo; *p-valor<0,05; **p-valor<0,01; e ***p-valor<0,001.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Tabela 5.1 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias circulares para *theta* combinados (radianos)

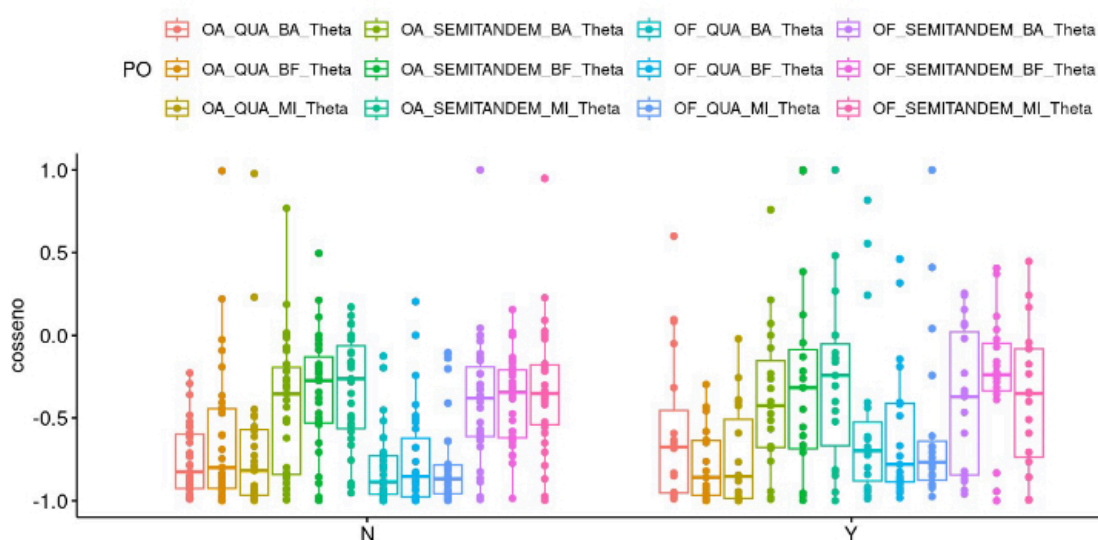
Variáveis	Grupos comparados		Teste Watson-Wheeler	p-valor
	Média (DP) Sem DTM	Média (DP) Com DTM		
OA_QUA_BA	-6,67(146,72)	-25,4(136,47)	-13,78	(ns)
OA_QUA_BF	-1,53(141,49)	-30,86(149,75)	-12,67	(ns)
OA_QUA_IM	6,73(148,12)	-89,49(121,77)	-29,83	(ns)
OA_ST_BA	7,08(125,05)	-21,4(121,57)	-3,77	(ns)
OA_ST_BF	16,36(117,41)	-8,11(121,44)	7,06	(ns)
OA_ST_IM	12,33(115,26)	-44,71(108,52)	-9,34	(ns)
OF_QUA_BA	34,64(149,03)	-31,22(132,2)	9,61	(ns)
OF_QUA_BF	13,8(149,5)	-47,23(129,26)	-9,4	(ns)
OF_QUA_IM	8,155(150,6)	-33,763(132,96)	-7,8	*
OF_ST_BA	23,37(117,98)	-9,32(124,56)	11	(ns)
OF_ST_BF	21,27(115,98)	17,09(112,11)	19,7	(ns)
OF_ST_IM	12,18(115,65)	-20,09(121,66)	-0,08	(ns)

Legenda – DP, desvio padrão; ns, não significativo; *p-valor<0,05; **p-valor<0,01; ***p-valor<0,001; AO, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

No Gráfico 5, é apresentada uma análise de variância com medidas repetidas, comparando-se o mesmo indivíduo em diversas posições com e sem DTM, em relação ao *theta*. Não houve diferença entre as medidas, e a DTM não teve efeito sobre a variabilidade angular nas posições comparadas, com tendência a se manter numa posição mais semelhante às das condições sem DTM.

Gráfico 5 – Análise de variância com medidas repetidas para o *theta* (radianos)



Legenda – PO, posições observadas; AO, olhos abertos; OF, olhos fechados; ST, semitandem; QUA, quadril; BA, boca aberta; BF, boca fechada; IM, intercuspidação máxima; N, sem DTM; Y, com DTM.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Em síntese, os resultados do estudo são destacados na Tabela 6. A interpretação desses resultados demonstra as diferenças de média geral significativas em todas as variáveis, teste bivariado sem isolar ou combinar as condições: área e velocidade de oscilação, e o *rho* com valores de p que variaram entre $p < 0,01$ e $0,001$ e tamanhos de efeito pequeno e muito pequeno. Observamos que há diferenças sutis no equilíbrio postural das participantes com DTM em relação às sem DTM, que refletem em maior área e velocidade de oscilação e na resultante do tamanho da reta, demonstrando também que isso altera a magnitude da oscilação postural. Podemos afirmar que as participantes com DTM oscilam mais, embora elas sejam capazes de usar estratégias de movimento a ponto de essa variação ser a mínima possível, de tal maneira, que não produza o risco de quedas.

Tabela 6 – Estatísticas descritivas e diferenças de médias bivariadas

Variáveis	Média (DP) sem DTM	Média (DP) com DTM	Teste <i>t</i> e <i>p</i> valor	D’Cohen	Cohen interpretation	Mean Lower CI 95%	Mean Upper CI 95%
Área	210,6(233,15)	269,8(366,97)	-59,12**	0,2	muito pequeno	-114,8	-9,3
Velocidade	7,74(3,33)	8,97(5,89)	- 1,23***	0,2	pequeno	-2,09	-0,43
<i>rho</i>	4,49 (2,58)	3,73(2,1)	0,77***	0,3	pequeno	0,4	1,14

Legenda – DP, desvio padrão; ns, não significativo; **p*-valor<0,05; ***p*-valor<0,01; ****p*-valor<0,001.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Como não segue o padrão da Tabela 6, em razão da natureza angular da variável, informamos que, para o *theta* média (DP) sem DTM é 0.21 (2.3), e com DTM -0.5(2.2), *p* <0.01, com diferença significativa entre os grupos. Não há medida de tamanho de efeito com variáveis angulares e não há intervalo de confiança porque não há implementação de *bootstrapping* usando desses métodos. A variabilidade angular foi maior entre as participantes com DTM e significativamente diferente, com tendência a deslocamentos à esquerda.

6.1.5 Discussão

Neste estudo, buscou-se caracterizar o equilíbrio postural de mulheres com e sem DTM, em condições de mudanças dos centros sensoriais (olhos, boca e pés).

Diante disso, os principais resultados encontrados demonstraram aumento na área e na velocidade de oscilação nas participantes com DTM. Entretanto, esse fato apenas se constitui como diferenças significativas nas condições de olhos fechados e base de suporte na largura do quadril. Nas demais condições testadas, não foram encontradas diferenças significativas.

O aumento observado na área e na velocidade do COP, nas participantes com DTM, pode ser atribuído à interação entre a ATM e o controle neuromuscular necessário para manter o equilíbrio. A DTM pode levar a alterações nas entradas sensoriais e nas

respostas neuromusculares, afetando, assim, o EP. Especificamente, a DTM pode causar mecanismos compensatórios no sistema neuromuscular, que se manifestam como maiores oscilações corporais e instabilidade, especialmente quando a entrada visual é removida e a base de suporte é alterada¹¹⁴.

Além disso, ao analisarmos o Rho , que representa a magnitude da oscilação do COP em medidas circulares, os dados demonstraram diferenças significativas em todas as condições olhos, boca e pés, exceto na condição de boca aberta. Assim, observamos que o comprimento da reta foi maior nos participantes sem DTM, quando comparados com aqueles com DTM, sugerindo que houve um ajuste na direção e na magnitude do deslocamento no grupo com DTM, que não se manifestou na condição de boca aberta, momento em que não há contato com as cúspides. Quando combinamos as condições de olho aberto, quadril e boca fechada, bem como olho fechado, quadril e intercuspidação máxima, encontramos diferenças de moderadas a grandes entre os grupos. Isso sugere que o contato entre as cúspides dos dentes proporciona um ajuste propioceptivo. Adicionando: a ausência de visão amplifica a instabilidade postural. Nas análises de medidas repetidas, de forma semelhante, a magnitude da oscilação foi maior nas medidas sem DTM.

Sobre o $theta$, identificamos que foi menor a variabilidade angular nas participantes com DTM, quando comparadas às do grupo sem DTM nas condições de olhos abertos, fechados, quadril e máxima intercuspidação. E na condição combinada de olho fechado, quadril e intercuspidação máxima, de forma semelhante à variável anterior (rho). Nas análises de medidas repetidas, não houve diferença entre as medidas com e sem DTM.

Apontamos algumas razões para o $theta$ menor nas participantes com DTM, tais como: um menor valor de $theta$ indica uma menor variação direcional do COP, e a menor amplitude angular pode ser uma estratégia para reduzir a instabilidade, limitando a variação das oscilações do COP; compensação propioceptiva e ajustes de *feedback* e *feedforward*, devidos à DTM, pois o SNC pode ajustar a propriocepção para minimizar a oscilação direcional; influência da oclusão e do impacto da intercuspidação, pois a máxima intercuspidação pode criar uma sensação de maior estabilidade através do contato dentário, reduzindo a necessidade de ajustes direcionais amplos do COP; sinergia entre fatores, pois a combinação de olhos fechados, posição do quadril e máxima intercuspidação intensifica a necessidade de estabilidade postural, resultando em menores valores de $theta$. Isso sugere que, em ausência de entrada visual, a dependência em outras entradas sensoriais (proprioceptivas e oclusais) se torna mais crítica.

Ao realizar uma análise abrangente das condições isoladas e combinadas, a partir dos dados empíricos sistematizados, observamos diferenças significativas na área e na velocidade das oscilações corporais. Especificamente, as participantes deste estudo com DTM apresentaram aumentos nessas medidas. Em contraste, na análise circunferencial das medidas *rho* e *theta*, os resultados indicaram uma tendência oposta. Isso poderia significar que, de um lado, ocorre a ampliação de área e a velocidade de oscilação; por outro lado, verifica-se uma redução da variabilidade angular e da magnitude em certas direções ou planos específicos. Esse achado sugere que há uma rigidez dos elementos ativos (músculos) nas participantes com DTM, e que ela surge como resposta fisiológica frente a qualquer possibilidade de variabilidade de oscilação. Aprende-se que, ao aumentar a área e a velocidade de oscilação, há necessidade ajustar-se, com redução da variabilidade angular nas diferentes direções do plano cartesiano. Pode-se dizer que esse aprendizado é uma resposta inerente e essencial para manter a estabilidade postural, mesmo nas pessoas com DTM.

Nota e *et al.* (2017)¹¹ encontraram resultados semelhantes, em que a área e a velocidade de oscilação são aumentadas em indivíduos com DTM miogênica. Moon e Lee (2011)¹¹⁵, em seu estudo, apresentaram um modelo conceitual que explica, através de conexões miofasciais, a relação entre DTM e outras partes do corpo, o que pode justificar os resultados encontrados em nosso estudo e no de Nota e *et al.* (2017). Na revisão de Cuccia e Caradonna (2009)¹⁰⁵, os autores concluíram que um aumento na oscilação corporal pode ser um indicativo de danos causados por problemas no sistema estomatognático.

No estudo de Paya-Argoud (2019)¹¹⁶, os resultados mostraram que 2,5 meses após a cirurgia ortognática, a orientação da cabeça, no plano frontal, melhorou nas condições de olhos abertos e fechados, e houve ajustes do equilíbrio postural para todas as condições sensoriais testadas. Eles inferiram que, mesmo após drásticas mudanças mandibulares, a integração sensorio-motora ligada ao sistema estomatognático pode ser tão acentuada que constitui uma nova referência para orientar a cabeça no espaço e ajustar o EP.

Neste estudo, ao manipular as entradas sensoriais, foram observadas diferenças nas áreas e velocidades de oscilação entre os sujeitos com e sem DTM. Embora essas mudanças não tenham sido tão drásticas quanto as provocadas por uma cirurgia ortognática, elas ainda tiveram um impacto, embora com efeito de tamanho pequenos, o que pode ser explicado pelo fato de as condições de olhos abertos e fechados, a oclusão e a base de sustentação já fazerem parte do esquema somatossensorial. Portanto, mesmo

com a presença de DTM, essas condições não resultaram em grandes mudanças, mas sim em ajustes menores, que refletem a adaptação do sistema somatossensorial existente.

Amaricai *et al.* (2020)⁹, em um estudo com adultos jovens, analisaram o EP em diferentes condições oclusais e observaram diminuição da área e velocidade do EP em máxima intercuspidação, em comparação com a posição postural mandibular, condição que permite o relaxamento dos músculos mastigatórios após momentos funcionais. Tais dados corroboram os de nosso estudo. Entretanto, adicionamos uma condição patológica, que é a DTM, cuja influência demonstrou ser um agravante, pois, na maioria das condições, no grupo com DTM, observamos aumento na área e na velocidade de oscilação, se comparado ao sem DTM.

Em uma revisão realizada por Michelloti *et al.* (2011)¹¹⁷, os estudos mostraram que, mesmo que tenham sido encontradas algumas associações entre fatores oclusais e alterações posturais, não há evidências científicas suficientes para apoiar uma relação de causa e efeito. Como resultado da revisão anunciada, os autores constataram que a maioria dos estudos analisados apresentam falhas importantes, como a falta de grupos de controle, a falta de consideração dos possíveis fatores de confusão, o desenho inadequado do estudo e a falta de confiabilidade e validade suficientes dos testes diagnósticos utilizados. A fim de minimizar essas limitações, consideramos um grupo de participantes sem DTM, comparamos com e sem a influência de covariáveis e utilizamos o teste diagnóstico padrão-ouro para DTM, o DC-TMD.

Gomes *et al.* (2014)¹¹⁸, em um estudo, revelaram que o sistema estomatognático (mastigação bilateral e unilateral) promove alterações no equilíbrio estático. Resultados semelhantes foram encontrados em nosso estudo, embora tivéssemos avaliado em condições mandibulares distintas.

Algumas limitações do estudo podem incluir o tamanho e a composição da amostra, no que se refere ao número limitado de participantes, especialmente no grupo sem DTM, e, no geral, por ser composta por participantes apenas do sexo feminino. Ademais, o estudo foi transversal, o que significa que não houve acompanhamento ao longo do tempo para avaliar mudanças no equilíbrio postural em relação à progressão ou ao tratamento da DTM. Como foi realizado em condições específicas e em uma amostra específica, os resultados podem não ser generalizáveis para outras populações ou contextos clínicos.

6.1.6 Conclusão

Os resultados demonstraram que mulheres com DTM apresentam uma área e uma velocidade de oscilação do COP maiores em comparação com aquelas sem DTM, independentemente das condições de mudanças dos centros sensoriais (olhos, boca e pés), com diferenças significativas. Embora o tamanho do efeito observado seja considerado relativamente pequeno, as diferenças no equilíbrio postural entre os grupos indicam uma associação entre DTM e estabilidade postural. Esses achados têm importantes implicações clínicas, destacando-se a necessidade de considerar a saúde da articulação temporomandibular (ATM) ao avaliar o equilíbrio postural e ao planejar estratégias de tratamento personalizadas para pacientes com DTM.

Ademais, constitui-se como essencial que profissionais de saúde adotem uma abordagem interdisciplinar e considerem a relação entre DTM e equilíbrio postural em suas intervenções. Além disso, mais pesquisas são necessárias para se entender melhor os mecanismos subjacentes a essa associação e para avaliar os efeitos do tratamento da DTM na estabilidade postural, ao longo do tempo. Essa abordagem pode resultar em melhorias significativas na qualidade de vida e no bem-estar dos pacientes com DTM.

6.2 ARTIGO 2

EXPLORANDO OS MECANISMOS DA DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR: UMA ABORDAGEM COM APRENDIZADO DE MÁQUINA

Resumo

Introdução – A disfunção temporomandibular (DTM) é um distúrbio complexo, caracterizado por sintomas como dor facial, cefaleia e limitação de movimento mandibular. A DTM é uma condição multifatorial, que envolve a interação de diversos fatores, incluindo biomecânicos, neuromusculares, psicológicos e sociais. Compreender detalhadamente os mecanismos subjacentes à DTM é crucial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de diagnóstico e tratamento. Este estudo se propõe a utilizar o aprendizado de máquina para prever o diagnóstico de DTM. **Métodos** – A pesquisa adota a árvore de decisão como método de aprendizagem de máquina supervisionada, combinando dados de oscilação corporal (medidos por meio de plataforma sensorizada), informações sociodemográficas e características clínicas. Para isso, aplicamos a validação cruzada de *10-folds*, para garantir que o modelo de árvore de decisão construído fosse avaliado de forma robusta e generalizável, e utilizamos a busca em grade para ajustar os parâmetros do modelo, maximizando a acurácia e as métricas da área sob a curva *roc*. Esse processo otimiza a melhor configuração do modelo. **Resultados** – Os resultados destacam

como as técnicas de aprendizado de máquina podem contribuir para o diagnóstico e tratamento da DTM, prever com precisão sua ocorrência, e identificar as variáveis relacionadas aos mecanismos a ela subjacentes. Dentre os 26 atributos, 15 níveis foram significativos, sendo notável que fatores como etnia e duração da dor contribuam com menos de 2% para o ganho de informação utilizado pela árvore de decisão para distinguir entre indivíduos com e sem DTM. Além disso, os dados revelam que as variáveis relacionadas à oscilação corporal possuem importância comparável às variáveis clínicas e demográficas com acurácia diagnóstica de 100%. A variável "olho aberto, quadril, boca fechada", na medição de oscilação corporal, se destaca, garantindo a segunda maior importância, com 13,39%. O algoritmo de árvore de decisão identifica os sons articulares como a variável mais crítica na análise. **Conclusão** – Essa abordagem de aprendizado de máquina aprimorou a compreensão da DTM para o desenvolvimento de estratégias eficazes de diagnóstico, com a identificação da importância de variáveis que não seriam detectáveis por métodos tradicionais. Além disso, a pesquisa conclui que o modelo apresentado destacou variáveis clínicas e biomecânicas, com a importância da árvore de classificação para DTM de níveis equivalentes.

Palavras-chave: síndrome da disfunção temporomandibular; aprendizado de máquina; algoritmo; diagnóstico; equilíbrio postural.

EXPLORING THE MECHANISMS OF TEMPOROMANDIBULAR DYSFUNCTION: AN APPROACH WITH MACHINE LEARNING

Abstract

Introduction – Temporomandibular Dysfunction (TMD) is a complex disorder characterised by symptoms such as facial pain, headaches, and limited mandibular movement. TMD is a multifactorial condition involving various factors, including biomechanical, neuromuscular, psychological, and social elements. Understanding the underlying mechanisms of TMD in detail is crucial for developing effective diagnostic and treatment strategies. This study proposes the use of machine learning to predict the diagnosis of TMD. **Methods** – The research employs decision trees as a supervised machine learning method, combining body sway data (measured through a sensorised platform), socio-demographic information, and clinical characteristics. A 10-fold cross-validation was applied to ensure that the constructed decision tree model was robustly and generally evaluated. A grid search was used to adjust model parameters, maximise accuracy and ROC curve metrics, and optimise the model's configuration. **Results** – The findings highlight how machine learning techniques can contribute to diagnosing and treating TMD, accurately predicting TMD occurrence, and identifying which variables are related to the underlying mechanisms of TMD. Among the 26 attributes, 15 levels were significant; notably, factors like ethnicity and "duration of pain" contributed less than 2% to the information gain used by the decision tree to distinguish between individuals with and without TMD. Additionally, it reveals that variables related to body sway have comparable importance to clinical and demographic variables, with a diagnostic accuracy of 100%. The variable "Eyes open, hip-width stance, mouth closed" in the measurement of body sway stands out, providing the second highest importance at 13.39%. The decision tree algorithm identifies joint sounds as the most critical variable in the analysis. **Conclusion** – This machine learning approach enhanced the understanding of TMD for developing effective diagnostic strategies by identifying the importance of variables that might not be detectable through traditional methods. Furthermore, the research concludes that the presented model highlighted clinical and biomechanical variables of equivalent importance for TMD.

Keywords: temporomandibular dysfunction syndrome; machine learning; algorithm; diagnosis; postural balance.

6.2.1 Introdução

Na intrincada rede da fisiologia humana, a articulação temporomandibular (ATM) assume um papel crucial como ponto de convergência entre uma variedade de sistemas do corpo⁷. Conforme é salientado por Qian (2012)¹¹⁹, essa interação complexa entre processos biológicos, comportamentais e psicossociais, muitas vezes, resulta na manifestação de uma condição multifacetada, conhecida como disfunção temporomandibular (DTM). Grochala *et al.* (2021)¹²⁰ destacam que a DTM abrange uma gama diversificada de sintomas, desde dores na mandíbula até ruídos articulares e limitações no movimento, afetando substancialmente a qualidade de vida dos indivíduos afetados.

No entanto, compreender completamente os mecanismos subjacentes à DTM tem sido um desafio, dada sua natureza complexa e multifatorial. Conforme é discutido por Vázquez Pérez (2023)¹²¹, abordagens reducionistas têm sido historicamente empregadas na tentativa de desvendar essa complexidade. No entanto, muitas vezes, essas estratégias não conseguem identificar a totalidade das interações dinâmicas que ocorrem dentro do sistema estomatognático.

Nesse contexto, surge a hipótese de que técnicas avançadas de análise de dados, como o aprendizado de máquina, podem oferecer uma nova perspectiva na compreensão da DTM. Segundo Jha, Lee e Kim (2022)¹⁰³, essas técnicas, amplamente utilizadas em campos como a inteligência artificial, têm o potencial de identificar padrões complexos e relações não lineares nos dados associados à DTM, indo além das limitações das abordagens tradicionais.

Assim, as perguntas de pesquisa que orientam este estudo são: Como as técnicas de aprendizado de máquina podem contribuir para o diagnóstico da DTM? Podemos prever com precisão a ocorrência da DTM utilizando essas técnicas? E, mais importante: Que informações a árvore de decisão pode fornecer sobre os mecanismos subjacentes à DTM?

O objetivo geral deste estudo é explorar o potencial das técnicas de aprendizado de máquina, mais especificamente da árvore de decisão, para aprimorar a compreensão da DTM e, posteriormente, desenvolver abordagens mais precisas e personalizadas para seu diagnóstico e tratamento. Ao fazê-lo, espera-se contribuir para uma melhor qualidade de

vida dos pacientes afetados por essa condição, abrindo novos caminhos para a prática clínica e a pesquisa na área da saúde bucal e craniofacial.

6.2.2 Materiais e métodos

Trata-se de um estudo observacional, descritivo e transversal¹⁰⁴. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Movimento do Curso de Fisioterapia da Universidade Federal da Bahia, no período entre julho a setembro de 2019.

Os indivíduos foram convidados a participar por meio de mídias digital e impressa. Aqueles que atenderam aos critérios delineados e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foram incluídos na pesquisa. A amostra de conveniência foi composta por 50 mulheres com idade entre 20 e 45 anos.

Os critérios de exclusão foram: presença de comprometimento neuropsicomotor; estar ou ter se submetido a tratamento fisioterapêutico, fonoaudiológico e (ou) ortodôntico (há menos de 6 meses antes da coleta dos dados); algias nos membros inferiores; escolioses; alterações labirínticas; estrabismos; gestação; histórico de trauma ortopédico ou má formação na região facial; doenças sistêmicas e (ou) reumatológica; IMC (índice de massa corporal) maior que 30; e uso de medicamentos que afetam o equilíbrio.

Os procedimentos e os instrumentos para a coleta de dados envolveram duas situações: avaliação das características do sistema estomatognático, mais precisamente, do sistema temporomandibular (que engloba ATM e musculatura mastigatória) para diagnóstico clínico e caracterização da DTM (DC-TMD), e avaliação da estabilidade postural através da baropodometria computadorizada.

O *Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (DC-TMD) é um protocolo de avaliação utilizado para diagnosticar DTM e condições relacionadas. Ele foi desenvolvido para fornecer critérios consistentes e padronizados para a identificação e classificação de diferentes tipos de DTM. O DC-TMD inclui uma entrevista clínica estruturada, questionários autoaplicáveis e exames clínicos específicos para avaliar a dor, a função mandibular, a mobilidade articular e outros sintomas relacionados às DTM. Esse protocolo é amplamente utilizado em pesquisa e prática clínica para garantir uma avaliação precisa e abrangente das DTM⁸².

A baropodometria computadorizada foi realizada em uma plataforma sensorizada (tipo de sensor resistivo – faixa de pressão de 50 a 350 kpa, frequência de 50 a 100 Hz, tamanho do sensor 9 x 9 mm, placa de 50 x 70 x 4 mm, peso da placa 7 kg, fonte de energia

via USB) que, conectada ao computador (*software* Loran Engeering, Biomech, 2013), mensura a distribuição da carga intra (ante e retropé bilateral) e interpés (pé direito e esquerdo) em kgf/mm², em que a distribuição da carga, na direção anteroposterior, é de cerca de 40% no antepé e 60% no retropé e 50% em cada pé, aceitando-se um desvio padrão de 5%* (Wang, 2016) em adultos jovens saudáveis. Além disso, mensuramos área de oscilação (mm²), velocidade da oscilação (mm/s), oscilação nos eixos latero-lateral (x-mm²) e anteroposterior (y-mm²) em torno do centro de gravidade (CG), numa etapa denominada estabilometria.

Durante a realização do exame, os participantes permaneceram na postura ortostática, descalços, com braços soltos ao longo do corpo e o olhar fixo num alvo na linha dos olhos, à distância de 1 metro, em ambiente climatizado e livre de ruídos. A coleta foi organizada de acordo com as mudanças nas variáveis de interesse – visão, oclusão e base de sustentação – e cada coleta durou 30 segundos. A sequência dos registros foi a seguinte: a) boca aberta; b) mandíbula relaxada (repouso); c) contração voluntária com máxima intercuspidação (isometria de masseteres e temporais). Esse último foi incentivado pelo pesquisador, com o comando verbal “Aperta, aperta, aperta!”, durante todo o tempo da coleta. Para o sistema visual, a sequência foi: OA (olhos abertos) e OF (olhos fechados). E, em relação à base de sustentação, foi: base na largura do quadril e semitandem (pé direito a frente ao lado de metade do pé esquerdo atrás). Cada registro foi repetido 3 vezes, com intervalo de 30 segundos entre as repetições, e 1 minuto entre a repetição de máxima intercuspidação e a subsequente. Foi considerada a terceira medida para o estudo, em razão da aprendizagem e a fim de reduzir o efeito de regressão à média. O tempo total da coleta, para cada participante, foi de 50 minutos

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da entidade proponente (Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia) e aprovado de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº. 466 de 2012 e na Norma Operacional nº. 001 de 2013 do CNS, CAAE - 87211817.5.0000.5662.

6.2.3 Análise estatística

Os dados coletados foram organizados em uma planilha do Excel e analisados utilizando-se o *software* estatístico R. A análise focou na construção e avaliação de modelos de árvore de decisão, explorando a influência de diferentes atributos na predição de classes. Os 26 atributos são: dor e alterações (se melhoram ou pioram ao mastigar

comida dura ou rígida, ao abrir a boca ou mover a mandíbula para frente ou para o lado, ou por hábitos com os maxilares, tais como, manter os dentes juntos, apertar ou ranger ou mascar pastilha elástica, ou outras atividades com os maxilares, como falar, beijar ou bocejar), tempo de dor, dor de cabeça, rigidez, bloqueio em boca fechada, bloqueio em boca aberta, sons articulares, estado civil, etnia, nível de escolaridade e as condições combinadas de “Olho aberto, quadril, boca aberta”, “Olho aberto, quadril, boca fechada”, “Olho aberto, quadril, intercuspidação máxima”, “Olho aberto, semitandem, boca aberta”, “Olho aberto, semitandem, boca fechada”, “Olho aberto, semitandem, intercuspidação máxima”, “Olho fechado, quadril, boca aberta”, “Olho fechado, quadril, boca fechada”, “Olho fechado, quadril, intercuspidação máxima”, “Olho fechado, semitandem, boca aberta”, “Olho fechado, semitandem, boca fechada”, “Olho fechado, semitandem, intercuspidação máxima”; e as classes (2 alvos), com e sem DTM.

A construção dos modelos de árvore de decisão (AD) foi realizada utilizando-se o algoritmo base *rpart* (*Recursive Partitioning and Regression Trees*), que implementa a metodologia clássica de divisão de dados no *software* R, utilizada tanto para tarefas de classificação quanto de regressão. Esse algoritmo segue uma abordagem interativa para dividir um conjunto de dados em subconjuntos mais homogêneos, com base em um ou mais atributos, até que certas condições de parada sejam satisfeitas e baseadas em ganho de informação. Essa métrica ajuda a determinar o atributo (ou variável) que deve ser usado para dividir os dados em cada nó da árvore. O ganho de informação mede a redução da entropia que resulta da divisão dos dados.

Além disso, foi utilizada a validação cruzada de *10-folds*, para garantir que o modelo de AD construído fosse avaliado de forma robusta e generalizável, e a busca em grade, para ajustar os parâmetros do modelo, maximizando a acurácia e as métricas da área sob a Curva ROC (AUC). Esse processo de otimização foi fundamental para identificar a melhor configuração do modelo, equilibrando a complexidade e a performance, como é sugerido por Ozsari *et al.* (2023)⁹⁵.

Ademais, foi utilizado o pacote *Rose* para reamostragem, visando lidar com desequilíbrios nos dados¹²², e o pacote *Tidymodels* para um fluxo de trabalho eficiente¹²³. A avaliação dos modelos de AD envolveu várias métricas importantes para uma compreensão abrangente do desempenho, auxiliando na seleção e otimização informada do modelo¹²⁴: acurácia, coeficiente de correlação de Matthews (MCC), sensibilidade (Recall), especificidade, precisão, medida F, *curva Receiver Operating Characteristic* (ROC) e

área sob a curva ROC (AUC). Essas métricas, coletivamente, fornecem um entendimento abrangente do desempenho do modelo de AD em várias dimensões.

Assim, é possível implementar o treinamento e o teste do modelo. O conjunto de dados foi dividido em um conjunto de treinamento, compreendendo 75% dos dados e um conjunto de teste, consistindo nos 25% restantes. A seleção da AD ótima foi guiada pelos objetivos duplos de maximizar a precisão e as métricas da AUC, como sugerem Ozsari *et al.* (2023)⁹⁵.

6.2.4 Resultados

Neste estudo, optamos por uma amostra de conveniência bastante homogênea – apenas mulheres, com idades entre 20 e 45 anos, com DTM (n=37) e sem DTM (n=13) –, a fim de minimizar a influência de covariáveis e confundidores, como, por exemplo, a influência de sexo e idade. A seguir, outras características clínico-demográficas estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Características clínico-demográficas

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Assimetria (erro padrão)	Curtose (erro padrão)
Idade (anos)	50	20	45	26,48	6,2	1,3 0,3	1,46 0,66
Peso (kg)	50	44	88	62,8	11,9	0,3 0,3	-0,8 0,66
Altura (metros)	50	1,49	1,78	1,63	0,008	0,006 0,3	-0,6 0,66
Dominância	50	1,00(E)	2,00(D)	1,9200	0,28	-3,2 0,3	8,5 0,66
N Válido	50						

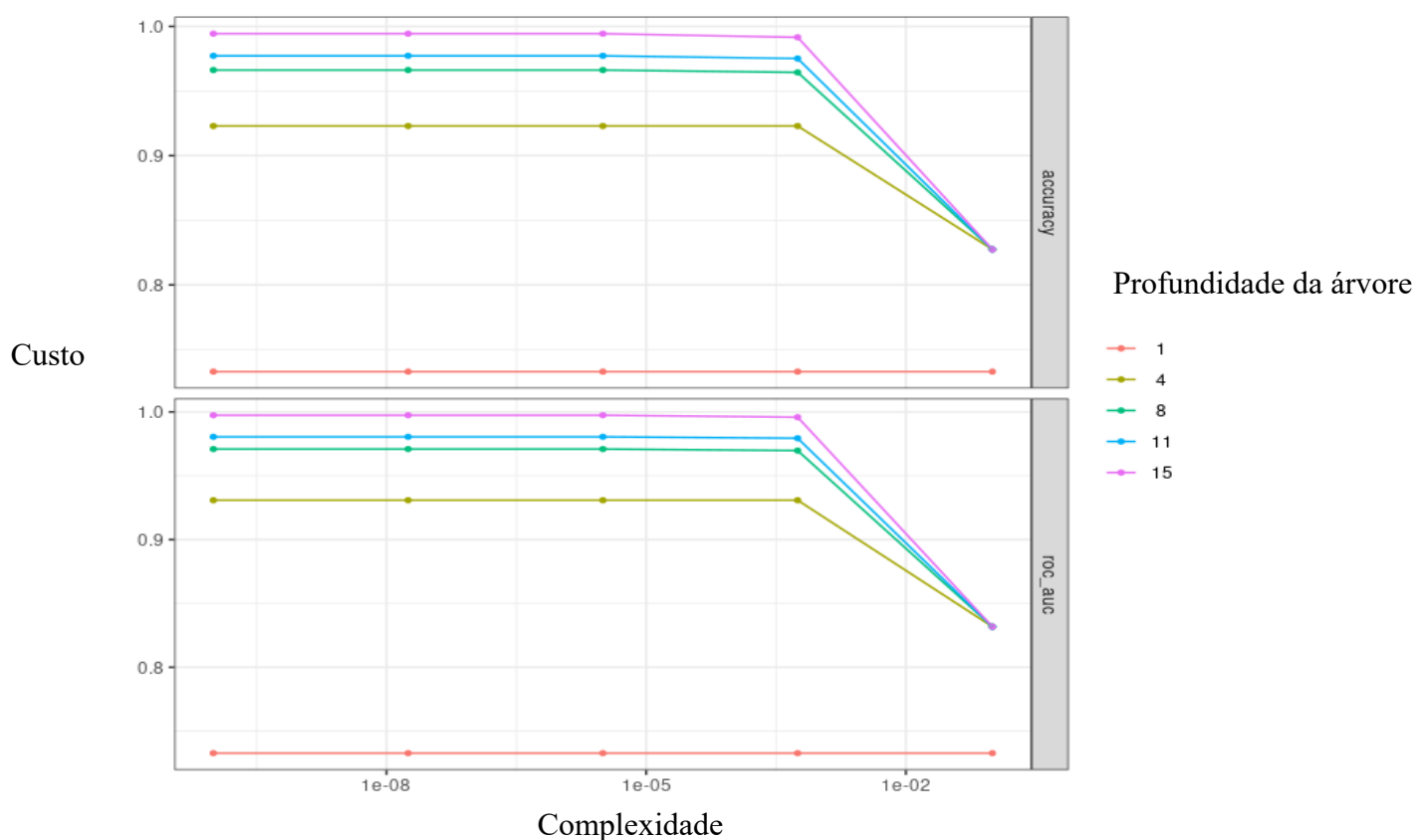
Fonte: dados da pesquisa (2024).

O Gráfico 1 retrata a relação entre custo e complexidade, uma visualização essencial na poda de árvores de decisão em um ponto ótimo. Esse gráfico identifica o equilíbrio ideal entre simplicidade e complexidade do modelo, mitigando, assim, os riscos de subajuste (*underfitting*) e sobreajuste (*overfitting*). Dois elementos presentes nesse gráfico são a profundidade da árvore, que reflete a complexidade do modelo, e quantas divisões (ou nós) a árvore faz antes de chegar a uma previsão. Mais divisões significam um modelo mais complexo. Uma árvore muito profunda pode capturar detalhes excessivos dos dados de treinamento, incluindo ruídos, o que pode levar a um sobreajuste. Por outro lado, uma árvore com poucas divisões pode não capturar padrões importantes, resultando em

subajuste. O parâmetro de complexidade de custo, comumente referido como *alfa*, penaliza a complexidade excessiva na estrutura do modelo, pois um valor de *alfa* mais alto reduz a complexidade da árvore, cortando divisões que adicionam pouco valor informativo e simplificando o modelo. Em contrapartida, um valor de *alfa* mais baixo permite que a árvore seja mais complexa, incorporando mais detalhes dos dados de treinamento¹²⁴. Para criar um gráfico de complexidade de custo, geramos uma série de árvores de decisão, em que cada árvore tem um valor de *alfa* diferente.

No eixo *x*, há o tamanho da árvore (complexidade) e, no eixo *y*, o custo (taxa de erro, por exemplo). A curva mostra como o erro muda à medida que o tamanho da árvore aumenta. No início, o erro geralmente diminui à medida que o tamanho da árvore aumenta, porque o modelo está aprendendo. No entanto, após um certo ponto, tornar a árvore maior não melhora a taxa de erro e pode até piorá-la devido ao sobreajuste.

Gráfico 1 – Profundidade da árvore e custo-complexidade



Fonte: dados da pesquisa (2024).

O ponto ideal, na curva, é onde o custo é minimizado sem tornar a árvore desnecessariamente complexa. Isso representa uma árvore que se acredita generalizar melhor para dados não vistos. Assim, pode-se escolher o *alfa* que corresponde a esse ponto, para podar a árvore de decisão. Optamos pelo limite de 15 níveis, a linha roxa superior na Figura 1, como a profundidade da árvore, porque foi o melhor ajuste, tanto para a acurácia quanto para a AUC.

A seguir, na Tabela 2, apresentamos os índices de desempenho, adaptando as explicações de ciência de dados de Fawcett e Provost (2013)¹²⁴ ao contexto de DTM na saúde. Embora nenhuma métrica única seja perfeita, MCC, sensibilidade, especificidade, acurácia e a medida F fornecem uma visão mais abrangente do desempenho de um modelo em diagnósticos de DTM do que a precisão simples. Os índices levam em conta os diferentes custos e as consequências de falsos positivos e falsos negativos, ajudando a garantir que o modelo diagnóstico seja clinicamente eficaz e que os pacientes recebam o cuidado apropriado. Em nosso estudo, todos esses índices foram excelentes, conforme está explicitado na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais índices de desempenho

Métrica	Estimativa
acurácia	0.994
mcc*	0.989
sensibilidade	0.991
especificidade	0.998
precisão	0.998
f1_score*	0.994

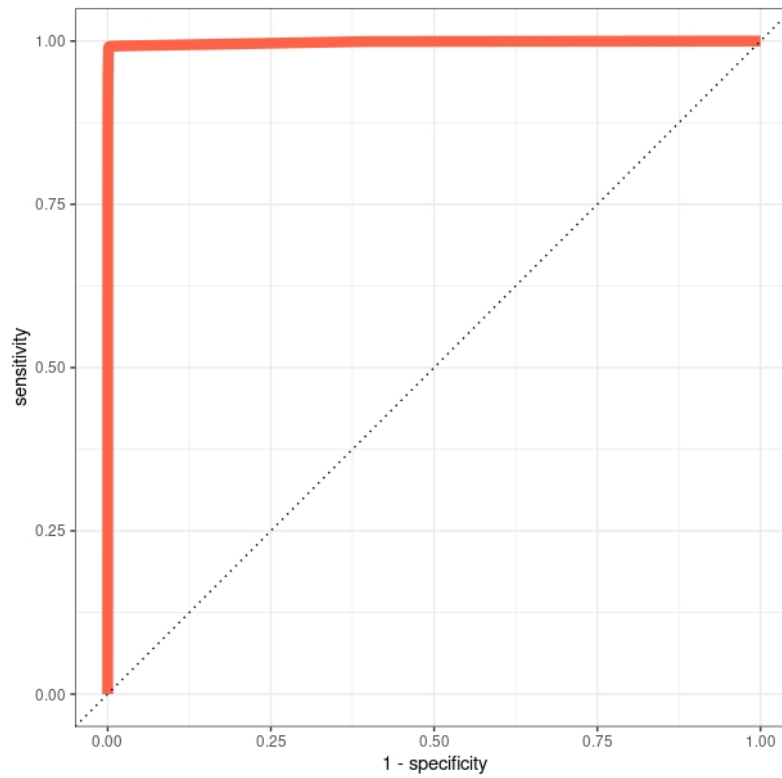
Legenda – *mcc, coeficiente de correlação de Matthews; *f1_score, medida F.

Fonte: dados da pesquisa (2024).

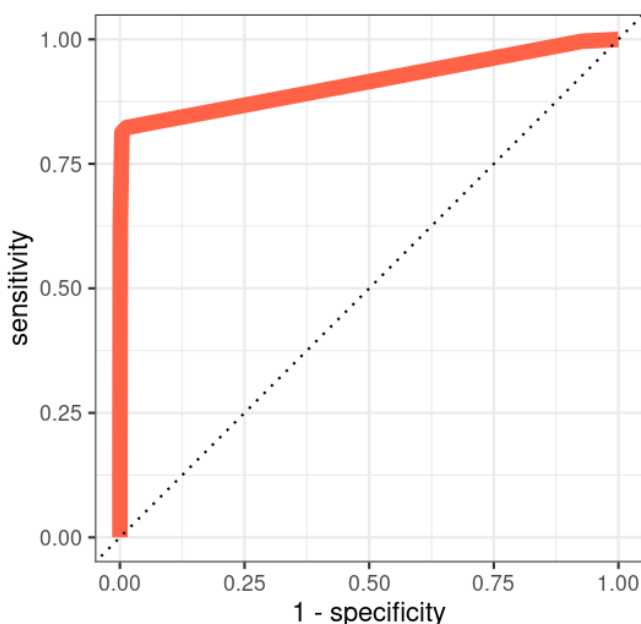
Além disso, no contexto de DTM e da saúde em geral, a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) e a área sob a curva (AUC) são índices críticos para avaliar o desempenho de testes diagnósticos, incluindo algoritmos de IA. A curva ROC ilustra a relação entre sensibilidade (taxa de verdadeiros positivos) e especificidade (taxa de verdadeiros negativos) em vários limiares, fornecendo uma representação visual da capacidade diagnóstica de um modelo. A AUC quantifica a capacidade geral do teste de discriminar entre pacientes com e sem a condição, com uma AUC de 1,0 representando discriminação perfeita e 0,5 indicando não melhor do que o aleatório. Em nosso estudo, a

AUC é de 99%, conforme explicitado no Gráfico 2 e no Gráfico 2.1, e AUC de 97% para a árvore de decisão com 4 níveis.

Gráfico 2 – Curva ROC para árvore de decisão com 15 níveis



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Gráfico 2.1 – Curva ROC para árvore de decisão com 4 níveis

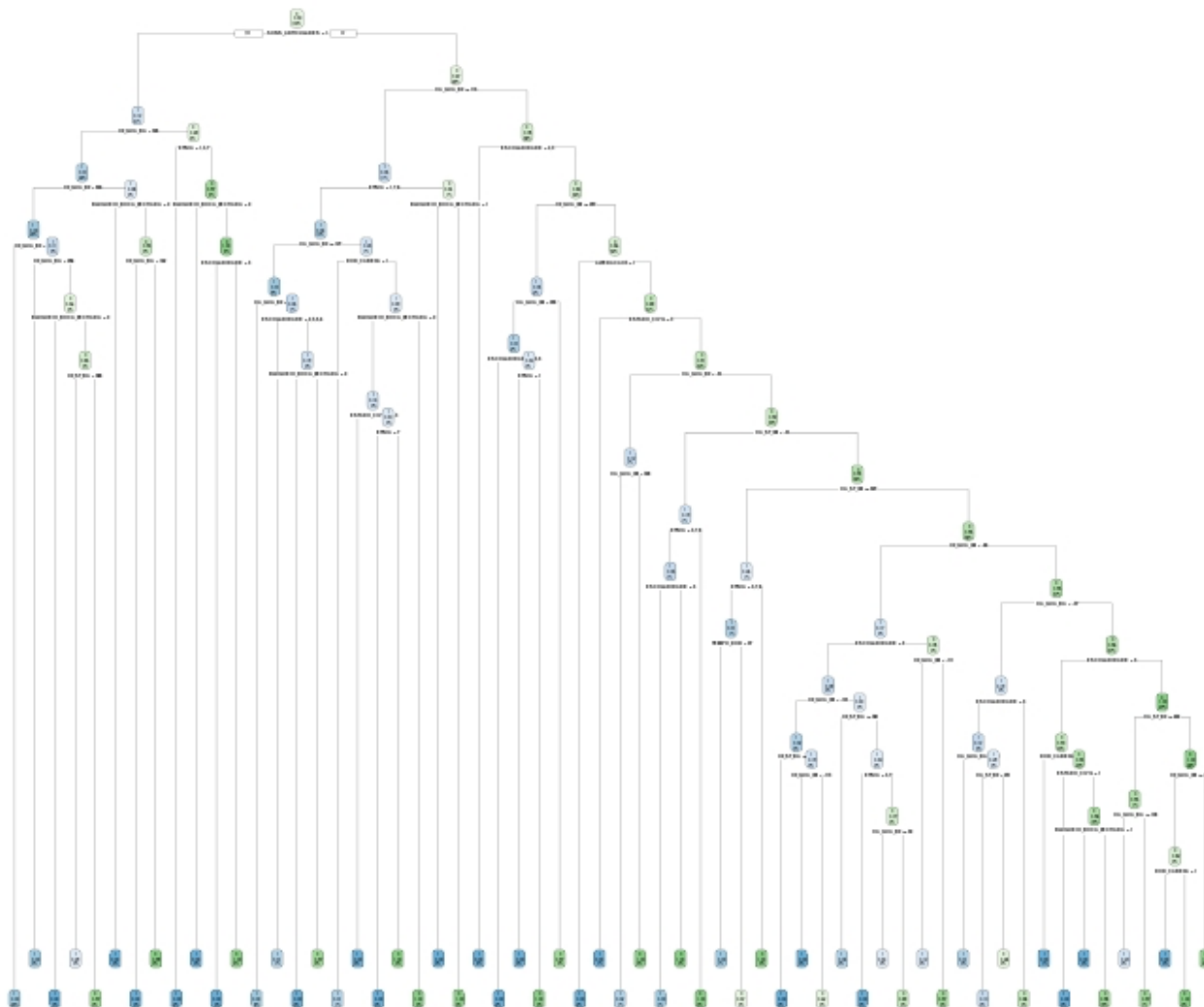
Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na Figura 3, apresentamos a árvore de decisão (apêndice 2) e, a partir da análise dos dados presentes na Tabela 3, destacamos que, dentre os 26 atributos, 15 níveis foram significativos, sendo notável que fatores como “etnia” e "duração da dor" contribuam com menos de 2% para o ganho de informação utilizado pela metodologia de AD para distinguir entre indivíduos com e sem DTM. Além disso, revela-se que as variáveis relacionadas à oscilação corporal possuem importância comparável às variáveis clínicas e demográficas. Notavelmente, a variável "Olho aberto, quadril, boca fechada" se destaca na medição de oscilação corporal, garantindo a segunda maior importância, com 13,39%.

O algoritmo de AD identifica os sons articulares como a variável mais crítica em sua análise. Esses sons articulares normalmente se manifestam como ruídos, estalidos, cliques ou crepitação. Essas sensações auditivas ou táteis podem ocorrer durante vários movimentos da mandíbula, como quando um indivíduo abre ou fecha a boca, mastiga ou, em alguns casos, até mesmo enquanto fala. Esses sons são indicadores importantes no processo do algoritmo de AD para diagnóstico de DTM.

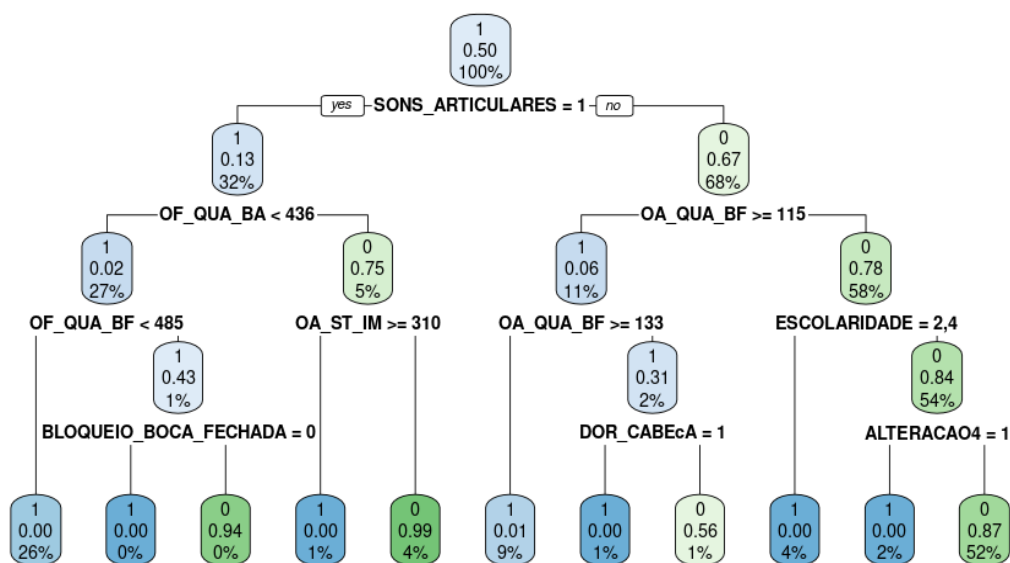
Na Figura 3.1, apresentamos a árvore de decisão com poda de 4 níveis, com a intenção de melhorar a visualização e apresentar, de forma didática, as informações, permanecendo a mesma importância de variáveis da árvore de 15 níveis.

Figura 3 – Visualização da árvore de decisão (Apêndice 2)



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Figura 3.1 – Visualização da árvore de decisão – 4 níveis.



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Tabela 3 – Importância das variáveis

Nº	Variável	importância	% importância
1	Sons articulares	962.335316	15,82%
2	Olho aberto, quadril, boca fechada	814.457415	13,39%
3	Nível de escolaridade	507.363897	8,34%
4	Presença de dor	455.641830	7,49%
5	Olho fechado, quadril, boca aberta	414.385215	6,81%
6	Alteração de dor nº3	351.416595	5,78%
7	Rigidez articular	334.003633	5,49%
8	Olho fechado, quadril, boca fechada	333.661267	5,48%
9	Alteração de dor nº2	302.829961	4,98%
10	Olho aberto, semitandem, máxima intercuspidação	212.009147	3,48%
11	Dor de cabeça	204.855562	3,37%
12	Olho fechado, quadril, máxima intercuspidação	200.922971	3,30%
13	Estado civil	195.957713	3,22%
14	Alteração de dor nº4	175.169944	2,88%
15	Olho aberto, semitandem, máxima intercuspidação	174.139742	2,86%

Fonte: dados da pesquisa (2024).

6.2.5 Discussão

A importância dos sons articulares, nos resultados fornecidos, está alinhada com a literatura^{103,120}, que enfatiza a relevância clínica das avaliações de sons articulares no diagnóstico de DTM. Essa variável é frequentemente usada em conjunto com o exame físico para detectar DTM¹⁰³.

As variáveis como "olho aberto ou fechado, quadril ou semitandem, boca aberta ou fechada ou intercuspidação máxima" sugerem que o uso dos parâmetros do equilíbrio postural tem importância clínica e deve ser enfatizado e englobado nos métodos diagnósticos tradicionais de DTM. Isso destaca uma área potencial para inovação nos protocolos de avaliação de DTM.

A inclusão do "nível de escolaridade" como a terceira variável de importância, e "estado civil" sugere uma abordagem mais ampla para o diagnóstico de DTM do que a tipicamente encontrado na literatura^{49,87,125}, que pode nem sempre considerar fatores socioeconômicos como parte do processo diagnóstico.

A importância da "presença de dor" e "dor de cabeça" está de acordo com os métodos existentes, nos quais a dor é um sintoma primário, que leva os pacientes a buscarem tratamento e um fator-chave nas avaliações clínicas de DTM.

A ênfase em alterações de dor e em condição de integração do sistema visual, oclusão e base de suporte pode oferecer uma abordagem mais matizada para o diagnóstico de DTM, em comparação com alguns métodos tradicionais (exame clínico, relato de sintomas e exames de imagem), que podem não incorporar totalmente avaliações biomecânicas e proprioceptivas em seus critérios diagnósticos.

No geral, os resultados indicam uma abordagem multifatorial para o diagnóstico de DTM, que integra fatores físicos, biomecânicos e socioeconômicos. Essa perspectiva abrangente pode oferecer um avanço sobre alguns métodos diagnósticos existentes, que podem focar mais estreitamente em achados clínicos e de imagem.

O estudo de Bianchi *et al.* (2020)¹²⁶, embora seja uma referência no campo do diagnóstico de DTM usando aprendizado de máquina, não se aprofunda no exame de sons articulares ou na implementação de testes de estabilidade corporal, nem considera fatores socioeconômicos ou mudanças posturais e de condições específicas em sua análise. Esses elementos, como é destacado por outras pesquisas, como a de Lee, Jha e Kim (2021)¹⁰³, poderiam significativamente aprimorar o entendimento e a precisão diagnóstica de DTM,

fornecendo uma visão mais holística da condição do paciente, e de acordo com o modelo biopsicossocial preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS)¹²⁷.

A incorporação de testes de estabilidade corporal, por exemplo, poderia oferecer dados valiosos, que podem ter implicações mais amplas para a saúde musculoesquelética. Essa abordagem está alinhada com a natureza multifacetada da DTM e sugere que pesquisas futuras na área, usando abordagens semelhantes, poderiam se beneficiar da integração dessas dimensões adicionais para criar modelos diagnósticos mais abrangentes e preditivos. A esse respeito, Jha, Lee e Kim (2022)¹⁰³, em uma revisão de literatura que incluiu fatores clínicos, psicossociais e socioeconômicos no diagnóstico de DTM, encontraram uma precisão 91%. Por outro lado, em nosso estudo, que adicionou variáveis do equilíbrio postural em diferentes condições sensoriais, apresentou maior precisão diagnóstica, com resultados próximos a 100%.

A alta acurácia, em nosso estudo, sugere que nossa AD tem o potencial de ser uma ferramenta extremamente confiável no diagnóstico de DTM. No entanto, é importante notar que o conjunto de dados de nosso estudo foi limitado a um subgrupo específico – mulheres brasileiras de meia-idade – que pode não ser representativo da população mais ampla afetada por DTM.

6.2.6 Conclusão

Nossas descobertas apoiam uma abordagem diagnóstica multifacetada para DTM, que considera a combinação de fatores clínicos, biomecânicos e sociais. A alta precisão diagnóstica do algoritmo de AD posiciona-o como uma orientação na condução das variáveis a serem avaliadas no processo diagnóstico de DTM, embora seja necessário cuidado ao aplicar esses resultados de forma ampla devido à especificidade do conjunto de dados.

Limitações, direções futuras e implicações práticas

Uma limitação significativa foi a exclusão de variáveis potencialmente influentes como idade, sexo e região geográfica, devido ao escopo de nosso conjunto de dados, que foi limitado a mulheres de meia-idade de Salvador, Bahia, Brasil. Essa delimitação apresenta um desafio em termos de generalização dos nossos achados para uma população mais ampla e diversa. Pesquisas futuras devem visar incorporar uma demografia mais ampla, incluindo uma gama de idades, ambos os sexos e múltiplas regiões, para aumentar

a aplicabilidade das ferramentas diagnósticas e algoritmos desenvolvidos. Expandir o conjunto de dados permitirá um entendimento mais abrangente da DTM e sua natureza multifatorial, levando, em última análise, a critérios diagnósticos mais precisos e universalmente aplicáveis.

O *design* transversal do estudo atual apresenta uma limitação no rastreamento da progressão temporal da DTM, destacando-se a necessidade de pesquisas longitudinais para observar a dinâmica da doença ao longo do tempo. Além disso, o potencial para refinar modelos diagnósticos é evidente. Incorporando uma gama de dados multidisciplinares, incluindo marcadores genéticos e fatores de estilo de vida, estudos futuros poderiam melhorar significativamente a especificidade e sensibilidade desses modelos.

Estudos futuros poderiam integrar oscilação corporal, sociodemografia, psicometria, radiômica, características clínicas e informações biomoleculares para aprimorar modelos diagnósticos e apresentar quais são as melhores variáveis. Tais abordagens personalizadas são cruciais para tratar os aspectos únicos da condição de cada paciente, levando, potencialmente, a um tratamento mais eficaz da doença. Além disso, as capacidades diagnósticas aprimoradas possibilitam estratégias de intervenção precoce, essenciais para iniciar tratamentos em um estágio em que eles possam significativamente retardar a progressão da doença ou aliviar os sintomas. Essa estratégia abrangente representa um passo significativo em direção a soluções de saúde mais direcionadas e oportunas para pacientes que sofrem de DTM.

Recomendações

Recomendamos a colaboração entre múltiplos centros para padronizar a aquisição e o processamento de dados, o que é crucial para ampliar a validade externa dos achados e garantir que os modelos diagnósticos desenvolvidos sejam aplicáveis em populações e contextos diversos. Incentivamos os clínicos a integrarem os achados obtidos desta pesquisa em seus processos diagnósticos de DTM. Ao adotar a análise estatística mais simples e interpretável do estudo, a literatura de saúde pode melhorar a tomada de decisão e os resultados para os pacientes. Além disso, defendemos a importância dos modelos de aprendizado de máquina para apoiar a tomada de decisão clínica.

Em linha com a ênfase do estudo sobre a importância dos sons articulares como uma variável crítica ao usar árvores de decisão, nossos achados ressoam com o conselho de Grochala *et al.* (2022)¹²⁰ sobre o uso de estetoscópios e dispositivos avançados como sistemas de análise de vibração articular para diagnóstico não invasivo de DTM. Nosso

estudo também está de acordo com os achados de Jha, Lee e Kim (2022)¹⁰³. No entanto, para garantir a robustez e aplicabilidade do aprendizado de máquina no diagnóstico de DTM, é imperativo que pesquisas futuras incluam conjuntos de dados maiores e mais variados.

7 DISCUSSÃO GERAL DA TESE

Esta tese investigou a relação entre a DTM e o EP em diferentes condições sensoriais e motoras, utilizando uma abordagem multifacetada que incluiu medidas lineares e não lineares. Os estudos foram conduzidos em diversas condições: olhos abertos ou fechados, boca aberta ou fechada, e diferentes posições de base de suporte (pés), avaliando-se parâmetros como a área e a velocidade de oscilação do COP, bem como variáveis circulares como *rho* (tamanho da reta) e *theta* (ângulo).

Os resultados indicam que participantes com DTM apresentaram maior área e velocidade de oscilação do COP, em comparação com aquelas sem DTM, particularmente nas condições de olhos fechados e base de suporte na largura do quadril. Esses achados corroboram estudos anteriores, como os de Ferreira *et al.* (2017)¹²⁸, que também observaram um aumento na instabilidade postural em indivíduos com DTM em condições sensoriais alteradas. A instabilidade postural pode ser explicada pela influência da DTM no sistema estomatognático, o que afeta diretamente a propriocepção e a coordenação neuromuscular necessária para a manutenção do equilíbrio.

A análise do parâmetro *rho* revelou diferenças significativas em quase todas as condições testadas, exceto na condição de boca aberta. A maior diferença foi observada nas condições combinadas de olho aberto, quadril e boca fechada; olho fechado, quadril e máxima intercuspidação, sugerindo que a oclusão dentária influencia significativamente a estabilidade postural, quando combinada com a ausência de visão. Esses achados são consistentes com os da literatura, como é apontado por Martins *et al.* (2019)¹²⁹, que demonstraram a influência da oclusão dentária na propriocepção e na estabilidade postural. A oclusão dentária parece atuar como um fator estabilizador, ajudando a regular as entradas proprioceptivas necessárias para a manutenção do equilíbrio.

Em relação ao parâmetro *theta*, os valores foram menores nas participantes com DTM em várias condições, indicando uma menor variação direcional do COP. Esse fenômeno pode ser interpretado como uma estratégia de compensação proprioceptiva para minimizar a oscilação direcional, especialmente na ausência de *input* visual e durante a máxima intercuspidação. Estudos como o de Furlan *et al.* (2020)¹³⁰ sugerem que essa redução na variação direcional é uma adaptação do sistema nervoso central para manter a estabilidade postural frente à disfunção temporomandibular. A menor variação direcional do COP pode indicar uma tentativa de o sistema nervoso central limitar os movimentos excessivos

e potencialmente prejudiciais, concentrando a atividade muscular em manter uma postura mais estável.

Os artigos que integram esta tese aprofundam essas análises. O Artigo 1 demonstra que a DTM influencia significativamente a área e a velocidade de oscilação do COP, reforçando a necessidade de se considerar a DTM ao avaliar o equilíbrio postural. Especificamente, foi observado que a oscilação postural é mais pronunciada em condições em que a visão é comprometida, sugerindo que a dependência visual é aumentada em indivíduos com DTM. O Artigo 2 explorou os mecanismos subjacentes à DTM utilizando algoritmos de aprendizado de máquina, destacando a importância de abordagens integrativas e complexas para o diagnóstico e tratamento da DTM. A aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina permitiu identificar padrões complexos de interação entre variáveis posturais e sinais clínicos da DTM, sugerindo que modelos preditivos baseados em inteligência artificial podem ser ferramentas valiosas para a prática clínica.

Comparando os achados desta tese com os de outros estudos, observamos uma concordância geral sobre a influência da DTM no EP. Por exemplo, Manfredini *et al.* (2018)¹³¹ destacaram que a DTM está frequentemente associada a desequilíbrios posturais, corroborando nossos achados de que a presença de DTM aumenta a área e a velocidade de oscilação do COP. Outro estudo de Rocha *et al.* (2019)¹³² constatou que indivíduos com DTM apresentavam maior instabilidade postural em comparação com um grupo de controle, especialmente em condições de olhos fechados, alinhando-se com nossas observações de maior dependência visual para a manutenção do equilíbrio.

Além disso, a literatura aponta para a importância das abordagens multidisciplinares no tratamento da DTM. Um estudo de Michelotti *et al.* (2017)¹³³ enfatiza a eficácia das intervenções que combinam fisioterapia, terapia manual e educação postural para melhorar tanto os sintomas de DTM quanto a estabilidade postural. Esses achados sugerem que tratamentos integrativos podem abordar eficazmente as interações complexas entre a DTM e o EP, melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

A análise multifatorial sugere que a DTM influencia o EP de maneira complexa e interdependente. Este estudo reforça a necessidade de uma abordagem complexa para o diagnóstico e tratamento da DTM, considerando não apenas os aspectos clínicos e radiográficos tradicionais, mas também as avaliações biomecânicas e proprioceptivas. A interação de medidas lineares e não lineares, combinada com abordagens de aprendizado de máquina, oferece um caminho promissor para melhorar a compreensão e o manejo clínico da DTM e suas implicações no EP.

Em síntese, nossos achados confirmam a relação bidirecional entre DTM e EP, destacando a necessidade de abordagens diagnósticas e terapêuticas que considerem a complexidade dessa interação. Futuros estudos devem continuar a explorar essas relações, utilizando amostras maiores e métodos avançados de análise para aprofundar a compreensão dos mecanismos subjacentes e desenvolver intervenções mais eficazes.

8 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo destacam a influência significativa da disfunção temporomandibular no equilíbrio postural, especialmente sob condições sensoriais alteradas. As participantes com DTM apresentaram maiores áreas e velocidades de oscilação do centro de pressão, indicando uma compensação das oscilações posturais mais pronunciada em comparação com as participantes sem DTM.

As análises das variáveis circulares *rho* e *theta* forneceram informações adicionais sobre a natureza das oscilações posturais em indivíduos com DTM. A menor variação direcional do COP observada nas participantes com DTM pode refletir uma estratégia compensatória do sistema nervoso central para lidar com a integração dos sistemas sensoriais e motores, destacando a importância dessa integração na manutenção do EP.

Este estudo contribui para a literatura ao evidenciar a complexidade da interação entre o sistema estomatognático e o controle motor do equilíbrio postural. A incorporação de medidas lineares e de aprendizado de máquina, bem como a análise de condições combinadas, proporciona uma compreensão mais abrangente das implicações da DTM na estabilidade postural.

Recomenda-se que futuras pesquisas continuem a explorar essa interação, utilizando amostras maiores e mais diversificadas, além de incorporar avaliações longitudinais para investigar a evolução das alterações posturais em pacientes com DTM. A aplicação de abordagens com utilização da inteligência artificial, com ênfase em aplicações com aprendizado de máquina, para analisar os dados pode também se constituir como campo profícuo para predição da DTM.

Em conclusão, a DTM exerce uma influência multifacetada e significativa sobre o EP, e abordagens diagnósticas que integrem avaliações clínicas, biomecânicas e sensoriais podem melhorar a precisão do diagnóstico e, por consequência, a eficácia do tratamento, beneficiando a saúde e o bem-estar dos pacientes.

REFERÊNCIAS

1. Tosato JP, Caria PHF. Prevalência de DTM em diferentes faixas etárias. *Rev Gaúcha Odont*, Porto Alegre. 2006;54(3):211-24
2. Rasman BG, Forbes PA, Tisserand R, Blouin JS. Sensorimotor manipulations of the balance control loop-beyond imposed external perturbations. *Front Neurol*. 2018 Oct; 26(9):899
3. Butts R, Dunning J, Perreault T, Mettelle J, Escaloni J. Pathoanatomical characteristics of temporomandibular dysfunction: Where do we stand? (Narrative review part 1). *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2017; 21.
4. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls?: Age and Ageing. 2006Sep;35 Suppl 2:ii7-ii11.5. Walia JK, Saravanan. Association of dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: An overview. *Indian J Public Heal Res Dev*. 2019;10(12).
6. Álvarez Solano C, González Camacho LA, Castaño Duque SP, Cortés Velosa T, Vanoy Martin JA, Chambrone L. To evaluate whether there is a relationship between occlusion and body posture as delineated by a stabilometric platform: A systematic review. *Cranio - J Craniomandib Pract*. 2023 Jul;41(4):368-79.
7. Fiorillo L, Musumeci G. TMJ dysfunction and systemic correlation., *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2020;5.
8. Giraudeau A, Nicol C, Macchi R, Coyle T, Mesure S, Berdha K, Orthlieb J-DB. Impact of occlusal proprioception on static postural balance. *Heliyon*. 2023;9(10):1–10.
9. Amaricai E, Onofrei RR, Suciú O, Marcauteanu C, Stoica ET, Negruțiu ML, et al. Do different dental conditions influence the static plantar pressure and stabilometry in young adults? *PLoS One*. 2020 Feb 1;15(2).
10. Baugh L. L, Wilson A. Strengthening complex systems for chronic disease prevention: A systematic review. *BMC Public Health*. 2019;19.
11. Nota A, Tecco S, Ehsani S, Padulo J, Baldini A. Postural stability in subjects with temporomandibular disorders and healthy controls: A comparative assessment. *J Electromyogr Kinesiol*. 2017 Dec 1;37:21–4.
12. Rocha T, Castro MA, Guarda-Nardini L, Manfredini D. Subjects with temporomandibular joint disc displacement do not feature any peculiar changes in body posture. *J Oral Rehabil*. 2017 Feb; 44(2):81-88.
13. Westersund CD, Scholten J, Turner RJ. Relationship between craniocervical orientation and center of force of occlusion in adults. *Cranio - J Craniomandib Pract*. 2017;35(5).
14. Nashner LM, Shupert CL, Horak FB, Black FO. Organization of posture controls: An analysis of sensory and mechanical constraints. *Prog Brain Res*. 1989;80:411-8; discussion 395-7.
15. Góes KRB, Grangeiro MTV, Figueiredo VMG de. Epidemiologia da disfunção temporomandibular: uma revisão de literatura. *J Dent Public Heal*. 2018 Jun 25;9(2):115–20.

16. Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: Postural control from a developmental perspective. *J Mot Behav.* 1985 Jun;17(2):131-47.
17. Nashner LM. Organization and programming of motor activity during posture control. *Prog Brain Res.* 1979;50:177-84.
18. Mochizuki L, Amadio AC. As informações sensoriais para o controle postural. *Fisioter e Mov.* 2006. Disponível em: <https://www.podiatria.com.br/uploads/trabalho/44.pdf>
19. Jonsson E, Seiger Å, Hirschfeld H. Postural steadiness and weight distribution during tandem stance in healthy young and elderly adults. *Clin Biomech.* 2005 Feb;20(2):202-8.
20. Biancalana V, Alessandra N. Postural analysis from foot to the centre of mass with ledpodolaser. *Science, Movement and Health.* 2018 Jan.;18(1):25-30
21. Peterka RJ. Sensory integration for human balance control. In: *Handbook of Clinical Neurology.* New York: Elsevier B.V.; 2018. p. 27–42.
22. Goodman SE, Hasson CJ. Elucidating sensorimotor control principles with myoelectric musculoskeletal models. *Front Hum Neurosci.* 2017;11.
23. Bankoff ADP, Bekedor R. Bases neurofisiológicas do equilíbrio corporal. *EFDeportes.com.* 2007. Disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd106/bases-neurofisiologicas-do-equilibrio-corporal.htm>.
24. Rosker J, Markovic G, Sarabon N. Effects of vertical center of mass redistribution on body sway parameters during quiet standing. *Gait Posture.* 2011 Mar;33(3):452–6.
25. McDonald KA, Stearne SM, Alderson JA, North I, Pires NJ, Rubenson J. The role of arch compression and metatarsophalangeal joint dynamics in modulating plantar fascia strain in running. *PLoS One.* 2016 Apr 7;11(4):e0152602
26. Chen B, Liu P, Xiao F, Liu Z, Wang Y. Review of the upright balance assessment based on the force plate., *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2021 Mar 8;18(5):2696.
27. Bukowska JM, Jekielek M, Kruczkowski D, Ambroży T, Jaszczur-Nowicki J. Biomechanical aspects of the foot arch, body balance and body weight composition of boys training football. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(9).
28. Forbes PA, Chen A, Blouin JS. Sensorimotor control of standing balance. In: *Handbook of Clinical Neurology.* New York: Elsevier, 2018.p. 61–83.
29. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing.* 2006 Sep;35 Suppl 2:ii7-ii11.
30. Kleiner A, De Camargo Schlittler D, Del Rosário Sánchez-Arias M. O papel dos sistemas visual, vestibular, somatosensorial e auditivo para o controle postural. *Neurociências.* 2011;19:2.
31. Avagnina L. El examen biomecánico mediante plataformas baropodométricas. *Rev Int Ciencias Podol.* 2007; 1(1):45-8.32. Pinheiro HA, Vilaça KHC, Carvalho G de A. Postural stability, risk of falls and fear of falling in elderly with diabetic neuropathy who do therapeutic exercises. *Fisioter e Pesqui.* 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fp/a/zm38GydZg6M9W4xW7x6ysBr/>
33. A.M. DN, F. S, P. T, M. B, C. Z, C. V. et al. Biofeedback rehabilitation of posture and weightbearing distribution in stroke: A center of foot pressure analysis. *Funct Neurol.* 2014 Oct 13;29(2):127–34.

34. Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2010 Jan.;14(3).
35. Costa MS da S, Ferreira A de S, Felício LR. Static and dynamic balance in ballet dancers: a literature review. *Fisioter e Pesqui*. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fp/a/jjM6YnJT5dDJgBTWhpX6LHr/?lang=en&format=pdf>
36. Coelho DB, Duarte M. Identificação paramétrica da relação entre centro de massa e centro de pressão durante postura ereta quieta. *Rev Bras Biomecânica*. 2008;9(16):13-20.
37. Rodrigues S, Montebelo M, Teodori R. Distribuição da força plantar e oscilação do centro de pressão em relação ao peso e posicionamento do material escolar. *Brazilian J Phys Ther*. 2008 Feb.;12(1).
38. Bankoff ADP, Bekedorf RG, Schmidt A, Ciol P, Zamai CA. Análise do equilíbrio corporal estático através de um baropodômetro eletrônico. *Conexões*. 2007. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/conexoes/article/view/8637971>.
39. Oliveira JL de. Parâmetros cinemáticos do equilíbrio na postura estática obtidos por cinematria em indivíduos com a doença de Parkinson. 2019. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019. Disponível em: https://ppgorgsistem.ufba.br/sites/ppgorgsistem.ufba.br/files/tese_de_doutorado_0.pdf
40. Hesthaven J, Warburton T. Nodal discontinuous galerkin methods: Algorithms, analysis, and applications. New York: Springer; 2008. (Texts in Applied Mathematics; vol. 54). doi:10.1007/978-0-387-72067-8.
41. Ohrbach R, Dworkin SF. The evolution of TMD diagnosis. *J Dent Res*. 2016 Jun; 95(10).
42. Maia IHT, Rifane TO, Oliveira AS de, Silvestre FA, Freitas B de FB de, Leitão AKA, et al. Disfunção temporomandibular e fatores psicológicos: uma revisão de literatura. *Res Soc Dev*. 2021;10(3).
43. Jivnani HM, Tripathi S, Shanker R, Singh BP, Agrawal KK, Singhal R. A Study to Determine the Prevalence of Temporomandibular Disorders in a Young Adult Population and its Association with Psychological and Functional Occlusal Parameters. *J Prosthodont*. 2019;28(1).
44. Sójka A, Huber J, Hędzulek W, Wiertel-Krawczuk A, Szymankiewicz-Szukała A, Seraszek-Jaros A, et al. Relations between the results of complex clinical and neurophysiological examinations in patients with temporomandibular disorders symptoms. *Cranio - J Craniomandib Pract*. 2017; 36(1):1-9.45. De Luccas GR, Lira CES de, Guedes KP, Silva LWO, Stechman-Neto J, Corrêa C de C. Disfunção temporomandibular e sono: revisão integrativa de literatura. *Arch Heal Investig*. 2021;10(5).
46. Fehrenbach J, Gomes da Silva BS, Pradebon Brondani L. A associação da disfunção temporomandibular à dor orofacial e cefaleia. *J Oral Investig*. 2018;7(2).
47. Biasotto-Gonzalez DA, Andrade DV de, Gonzalez TDO, Martins MD, Fernandes KPS, Corrêa JCF, et al. Correlação entre disfunção temporomandibular, postura e qualidade de vida. *J Hum Growth Dev*. 2017 Mar 8;18(1):79.
48. List T, Jensen RH. Temporomandibular disorders: Old ideas and new concepts. *Cephalalgia*. 2017. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0333102416686302>

49. Teixeira Maia Passos T, Rodrigues Golçanves H, Melo Peixoto R, Ribeiro Porto F, Heleno Pereira T, Lima Ferraz Junior AM. Avaliação da qualidade de vida em pacientes com disfunção temporomandibular. *HU Rev.* 2020;46.
50. Chiodelli L, Pacheco A de B, Missau TS, Silva AMT da, Corrêa ECR. Associação entre funções estomatognáticas, oclusão dentária e sinais de disfunção temporomandibular em mulheres assintomáticas. *Rev CEFAC.* 2015 Feb;17(1)
51. Lopes R. Desordens temporomandibulares-aspectos clínicos e guia para a odontologia e fisioterapia. *Jornal Brasileiro de Oclusão, ATM e Dor Orofacial.* 2002 Jan-Mar; 2(5):43-7.52. Araújo OSM de, Cruz JH de A, Oliveira Filho AA de, Alves MASG. Tratamento farmacológico e não farmacológico da disfunção temporomandibular: uma revisão da literatura. *Arch Heal Investig.* 2020;10(2).
53. Bracco P, Deregibus A, Piscetta R. Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neurosci Lett.* 2004 Feb 19;356(3):228-30;
54. Gomes CA, Brandão JGT. Biomecânica da articulação temporomandibular (ATM). *RBC - Rev Int Cir e Traumatol Bucomaxilofacial.* 2005 set-out;5(22): 153-7
55. Isaia B, Ravarotto M, Finotti P, Nogara M, Piran G, Gamberini J, et al. Analysis of dental malocclusion and neuromotor control in young healthy subjects through new evaluation tools. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2019 Mar 1;4(1).
56. Contreras EFR, Fernandes G, Ongaro PCJ, Campi LB, Gonçalves DAG. Systemic diseases and other painful conditions in patients with temporomandibular disorders and migraine. *Braz Oral Res.* 2018;32. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bor/a/rnSNVWLRxcSynCt73cXRJqg/?lang=en>
57. Garrigós-Pedron M, Elizagaray-García I, Domínguez-Gordillo AA, Del-Castillo-Pardo-de-Vera JL, Gil-Martínez A. Temporomandibular disorders: Improving outcomes using a multidisciplinary approach. *J Multidiscip Healthc.* 2019;
58. Frank H. Netter M. Netter - Atlas de Anatomía Humana. Masson. 2015.
59. Docherty N. Netter's head and neck anatomy for dentistry, 2nd edition. *Br Dent J.* 2012;
60. Fernandes G, Goncalves DA de G, Siqueira JTT de, Camparis CM. Painful temporomandibular disorders, self reported tinnitus, and depression are highly associated. *Arq Neuropsiquiatr.* 2013;
61. Donnarumma MDC, Muzilli CA, Ferreira C, Nemr K. Disfunções temporomandibulares: sinais, sintomas e abordagem multidisciplinar. *Rev CEFAC.* 2010 Apr 23;12(5):788-94.
62. Delgado-Delgado R, Martínez-Conesa A, Valera-Calero JA, Calvo-Moreno SO, Gallego-Sendarrubias GM, Centenera-Centenera MB. Association between temporomandibular disorders with head and neck posture: A systematic review. *International Journal of Dentistry and Oral Science.* 2021;8.
63. Viziano A, Micarelli A, Carlino P, Granito I, Alessandrini M. Bridging the gap between temporomandibular disorders, static balance impairment and cervicogenic dizziness: Posturographic and clinical outcomes. *J Electromyogr Kinesiol.* 2020 Oct 1;54.
64. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Man Ther.* 2008 Feb;13(1):2-11.

65. Britto HMJ de S, Mendes L de A, Moreno C de C, Silva EMG de S e, Lindquist ARR. Correlation between balance, speed, and walking ability in individuals with chronic hemiparesis. *Fisioter em Mov.* 2016;29(1).
66. Câmara-Souza MB, Figueredo OMC, Maia PRL, Dantas I de S, Barbosa GAS. Cervical posture analysis in dental students and its correlation with temporomandibular disorder. *Cranio - J Craniomandib Pract.* 2018;36(2).
67. Da Costa DRA, De Lima Ferreira AP, Pereira TAB, Porporatti AL, Conti PCR, Costa YM, et al. Neck disability is associated with masticatory myofascial pain and regional muscle sensitivity. *Arch Oral Biol.* 2015;60(5).
68. Shiozawa P, Cordeiro Q, Cho HJ, Trevizol AP, Brietzke E. A critical review of trials of transcranial direct current stimulation and trigeminal nerve stimulation for depression: the issue of treatment-emergent mania. *Trends Psychiatry Psychother.* 2017 Jan-Mar;39(1):48-53.69.
69. Cuccia A, Caradonna C. The relationship between the stomatognathic system and body posture. *Clinics.* 2009;64:61–6.
70. Campi LB, Camparis CM, Jordani PC, Gonçalves DA de G. Influência de abordagens biopsicossociais e autocuidados no controle das disfunções temporomandibulares crônicas. *Rev Dor.* 2013 set;14 (3).
71. Dahan H, Shir Y, Velly A, Allison P. Specific and number of comorbidities are associated with increased levels of temporomandibular pain intensity and duration. *J Headache Pain.* 2015;
72. Costa YM, Conti PCR, de Faria FAC, Bonjardim LR. Temporomandibular disorders and painful comorbidities: clinical association and underlying mechanisms. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017;123(3).
73. Jedynak B, Jaworska-Zaremba M, Grzechocińska B, Chmurska M, Janicka J, Kostrzewa-Janicka J. Tmd in females with menstrual disorders. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(14).
74. Ohrbach R. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders: Assessment instruments. Disponível em: www.rdc-tmdinternational.org
75. E. S, R. O, E. T, J. L, G. A, J.P. G, et al. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: Recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014 Winter;28(1):6-27.
76. Katsikogianni E, Schweigert-Gabler S, Krisam J, Orhan G, Bissar A, Lux CJ, et al. Diagnostic accuracy of the Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders for children aged 8-12 years. *J Oral Rehabil.* 2021;48(1).
77. Lucena LBS de, Kosminsky M, Costa LJ da, Géoes PSA de. Validation of the Portuguese version of the RDC/TMD Axis II questionnaire. *Braz Oral Res.* 2006 Dec; 20 (4)
78. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet J-P, et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: Recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014 Jan;28(1):6–27.
79. Fonseca DM, Bonfante G, Valle AL FS. Diagnóstico pela anamnese da disfunção

- craniomandibular. *Rev Gaúcha Odont.* 1994jan-fev; 42(1):.23-8.
80. Leeuw R, Klasser GD. *Orofacial pain: Guidelines for assessment, diagnosis, and management.* 6.ed. EUA: Quintessence, 2018.
 81. Di Benedetto D. TMD diagnostic criteria. *J Am Dent Assoc.* 2016 Oct;147(10):775-6. doi: 10.1016/j.adaj.2016.08.013.
 82. Schiffman E, Smith B, van der Meulen M, Gaul C, Visscher CM, Ohrbach R, et al. Diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: Recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014 Winter;28(1):6-27.
 83. Rocha T, Castro MA, Guarda-Nardini L, Manfredini D. Subjects with temporomandibular joint disc displacement do not feature any peculiar changes in body posture. *J Oral Rehabil.* 2017 Feb;44(2):81-8.
 84. Kanter RJAM, Battistuzzi PGFCM, Truin G-J. Temporomandibular disorders: “Occlusion” matters! *Pain Res Manag.* 2018 May;
 85. Aires CCG, Peixoto L dos SF, Lima IFM de, Silva CP da, Vasconcellos RJDH. Atualizações e avanços na etiopatogenia e tratamento dos tumores da articulação temporomandibular. *Res Soc Dev.* 2020;9(10).
 86. Fillingim RB, Ohrbach R, Greenspan JD, Knott C, Diatchenko L, Dubner R, et al. Psychological factors associated with development of TMD: The OPPERA prospective cohort study. *J Pain.* 2013;14(12 suppl.).
 87. Battistella CB, Guimarães TB, Quaglio CL, Ferreira-Cabrini MB, Gaspar-Martins DA, Novo NF, et al. Biopsychosocial factors of Axis II of the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders in individuals with muscular temporomandibular disorder and migraine. *Rev Dor.* 2016 Jan-Mar;17(1).
 88. Perinetti G. Temporomandibular disorders do not correlate with detectable alterations in body posture. *J Contemp Dent Pract.* 2007Jul;1;8(5):60-7.
 89. Silveira O dos S, Silva FCS, Almeida CEN de, Tuji FM, Seraidarian PI, Manzi FR. Utilização da tomografia computadorizada para o diagnóstico da articulação temporomandibular. *Rev CEFAC.* 2014 nov-dez;16 (6).90.
 90. Paixão GM de M, Santos BC, Araujo RM de, Ribeiro MH, Moraes JL de, Ribeiro AL. Machine Learning na Medicina: Revisão e Aplicabilidade. *Arq Bras Cardiol [Internet].* 2022 Jan 10 [cited 2024 Aug 5];118(1):95–102. Disponível em: <https://abccardiol.org/article/machine-learning-na-medicina-revisao-e-aplicabilidade/>
 91. Komuro J, Kusumoto D, Hashimoto H, Yuasa S. Machine learning in cardiology: Clinical application and basic research. *Journal of Cardiology.* 2023;82.
 92. Danieli MG, Brunetto S, Gammeri L, Palmeri D, Claudi I, Shoenfeld Y, et al. Machine learning application in autoimmune diseases: State of art and future perspectives. *Autoimmunity Reviews.* 2024;23.
 93. Crepaldi PG, Avila RNP, Paulo JPMDO, Rodrigues R, Martins RL. Um Estudo sobre a árvore de decisão e sua importância na habilidade de aprendizado. *Rev Saber.* 2008;6.
 94. Rudin C, Chen C, Chen Z, Huang H, Semenova L, Zhong C. Interpretable machine learning: Fundamental principles and 10 grand challenges. *Stat Surv.* 2022;16.
 95. Ozsari, A., Yilmaz, K., & Akcay M. Hyperparameter optimization in machine learning:

- A comprehensive review of grid search and cross-validation techniques. *J Mach Learn Res.* 2023;24:1–23.
96. Verbraeken J, Wolting M, Katzy J, Kloppenburg J, Verbelen T, Rellermeyer JS. A survey on distributed machine learning. *ACM Computing Surveys.* 2020;53.
 97. Hariharan V, Harland TA, Young C, Sagar A, Gomez MM, Pilitsis JG. Machine Learning in Spinal Cord Stimulation for Chronic Pain. *Oper Neurosurg.* 2023;25(2).
 98. Chen T, Or CK. Automated machine learning-based prediction of the progression of knee pain, functional decline, and incidence of knee osteoarthritis in individuals at high risk of knee osteoarthritis: Data from the osteoarthritis initiative study. *Digit Heal.* 2023;9.
 99. Berg B, Gorosito MA, Fjeld O, Haugerud H, Storheim K, Solberg TK, et al. Machine Learning Models for Predicting Disability and Pain Following Lumbar Disc Herniation Surgery. *JAMA Netw Open.* 2024;7(2).
 100. Borboudakis, G.; Stergiannakos, T.; Frysali, M.; Klontzas E., Tsamardinos, I.; Froudakis Ge. Chemically intuited, large-scale screening of Npj, mofs by machine learning techniques. *Comput Mater Nat Publ.* 2017;3(1):40.
 101. Rojas J. Entropía : un breve esbozo. *Fac Ing - Univ Rafael Landívar.* 2015;(4).
 102. Janiesch C, Zschech P, Heinrich K. Machine learning and deep learning. *Electron Mark.* 2021;31(3).
 103. Jha, N., Lee, K.-S., & Kim Y-J. Diagnosis of temporomandibular disorders using artificial intelligence technologies: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2022;17(8):e0272715.
 104. Zangirolami-Raimundo J, Echeimberg J de O, Leone C. Research methodology topics: Cross-sectional studies. *J Hum Growth Dev.* 2018;28(3).
 105. Cuccia A, Caradonna C. The relationship between the stomatognathic system and body posture. *Clinics.* 2019 May 30;64(1):61–6. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-59322009000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=en
 106. Grzegorzewski B, Kowalczyk A. First-order statistics of human stabilogram. *Hum Mov Sci.* 2001 Dec;20(6):853-66.
 107. Carneiro JAO, Santos-Pontelli TEG, Colafêmima JF, Carneiro AAO, Ferriolli E. Análise do equilíbrio postural estático utilizando um sistema eletromagnético tridimensional. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2010 Dec;76(6):783–8. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-86942010000600018&lng=pt&nrm=iso&tlng=en
 108. Minervini G, Franco R, Marrapodi MM, Crimi S, Badnjević A, Cervino G, et al. Correlation between temporomandibular disorders (TMD) and posture evaluated through the diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD): A systematic review with meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine.* 2023;12.
 109. Mochizuki L, Amadio AC. As informações sensoriais para o controle postural. *Fisioter em Mov.* 2006 abr-jun;19(2):11-8
 110. Haukoos JS LR. Advanced statistics: Bootstrapping confidence intervals for statistics with “difficult” distributions. *Acad Emerg Med.* 12(4):360–5.
 111. Friedrich, S., Konietschke, F., & Pauly M. Analysis of variance for multivariate time

- series. METRON. 2017;75(3):277–89.
112. Landler, L., Ruxton, G. D., Malkemper EP. Circular data in biology: advice for effectively implementing statistical procedures. *Behav Ecol Sociobiol.* 2018;72(8):128.
 113. Cohen J. *Statistical power for the social sciences.* Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Assoc. 1988;
 114. Ries LGK, Bérzin F. Analysis of the postural stability in individuals with or without signs and symptoms of temporomandibular disorder. *Braz Oral Res.* 2008 Dec 14;22(4):378–83. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242008000400016&lng=en&tlng=en
 115. Moon HJ, Lee YK. The relationship between dental occlusion/temporomandibular joint status and general body health: Part 1. Dental occlusion and TMJ status exert an influence on general body health. *Journal of Alternative and Complementary Medicine.* 2011; 17.
 116. Paya-Argoud M, Tardieu C, Cheynet F, Raskin A, Borel L. Impact of orthognathic surgery on the body posture. *Gait Posture.* 2019 Jan 1;67:25–30.
 117. Michelotti A, Buonocore G, Manzo P, Pellegrino G, Farella M. Dental occlusion and posture: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2011;38(11):863–76.
 118. Gomes CAF de, Politti F, El Hage Y, Sousa DFM de, Amorin C Ferreira, Gonzalez T de O, et al. Interference of different types of mastication on static balance in individuals without temporomandibular disorder. *J Japanese Phys Ther Assoc.* 2014;17(1).
 119. Qian L. The temporomandibular joint: A key functional complex. *J Oral Rehabil.* 2012;39(9):679–89.
 120. Grochala R, Dobrowolska-Zachwieja A, Chladek G. The role of temporomandibular disorders in the quality of life of affected patients: A comprehensive review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(4):2043.
 121. Vázquez Pérez ED. *Teoría de sistemas: De Ludwig von Bertalanffy a Niklas Luhmann.* Miradas. 2023;18(1).
 122. Lunardon N, Menardi G, Torelli N. ROSE: A package for binary imbalanced learning. *R Journal.* 2014;6(1):79–89.
 123. Kuhn M, Wickham HT. A collection of packages for modeling and machine learning using tidyverse principles. *J Open Source Softw.* 2020;5(52):2483.
 124. Provost F Fawcett T. *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking.* Cidade: O’Reilly Media, 2013.
 125. Campi LB, Camparis CM, Jordani PC, Gonçalves DA de G. Influência de abordagens biopsicossociais e autocuidados no controle das disfunções temporomandibulares crônicas TT *Rev Dor.* 2013Sep.;14 (3)
 126. Bianchi, J., de Oliveira Ruellas, A. C., Gonçalves, J. R., Paniagua, B., Prieto, J. C., Styner, M. et al. Osteoarthritis of the temporomandibular joint can be diagnosed earlier using biomarkers and machine learning. *Sci Rep.* 2020;10(1):8012.
 127. World Organizazion of Health. *International classification of functioning, disability and health (ICF).* Geneve: 2001.
 128. Ferreira M C, Machado W, Borges P G, Silva P L, Rodrigues RS. The influence of

- temporomandibular dysfunction on postural control and balance: a review. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(10):1687–91.
129. Martins M D, Zuim P R ., Dantas RA. The influence of dental occlusion on dynamic balance and muscular tone. *Front Physiol.* 2019;10:1626.
 130. Furlan R, Solnik S, Cortes N, Latash ML. Proprioceptive control of postural stability in patients with temporomandibular disorders. *PLoS One.* 2020;15(3):e0230304.
 131. Manfredini D, Perinetti G, Stellini E, Di Leonardo B, Guarda-Nardini L, Guarda-Nardini L. Temporomandibular disorders and posture: A clinical investigation. *J Clin Med.* 2018;7(10):334.
 132. Rocha C P, Croci C S, Caria . H F, Oliveira AS. Postural control in individuals with temporomandibular disorders. *J Electromyogr Kinesiol.* 2019;48:37–43.
 133. Michelotti A, Wijer A, Steenks M, Farella M. The additional value of a physical therapy protocol in the treatment of temporomandibular disorders: a randomized controlled trial. *J Oral Rehabil.* 2017;44(8):579–88.
 134. Anatomia da ATM. 2024. Disponível em: anatomiaemfoco.com.br

APÊNDICE A - Protocolo de coleta da baropodometria computadorizada

RODADA 1 – OLHOS ABERTOS

Intervalo entre os exames: 30 segundos

Base quadril – boca aberta sem contato	
Base quadril – mandíbula relaxada	
Base quadril – apertar os dentes	
Intervalo entre as rodadas: 1 minuto	
Semitandem – boca aberta sem contato	
Semitandem – mandíbula relaxada	
Semitandem – apertar os dentes	

Intervalo entre as rodadas: 1 minuto

Base quadril – boca aberta sem contato	
Base quadril – mandíbula relaxada	
Base quadril – apertar os dentes	
Intervalo entre as rodadas: 1 minuto	
Semitandem – boca aberta sem contato	
Semitandem – mandíbula relaxada	
Semitandem – apertar os dentes	

RODADA 1 – OLHOS FECHADOS

Intervalo entre os exames: 30 segundos

Intervalo entre as rodadas: 1 minuto

RODADA 2 – OLHOS ABERTOS

Intervalo entre os exames: 30 segundos

Base quadril – boca aberta sem contato	
Base quadril – mandíbula relaxada	
Base quadril – apertar os dentes	
Intervalo entre as rodadas: 1 minuto	
Semitandem – boca aberta sem contato	
Semitandem – mandíbula relaxada	
Semitandem – apertar os dentes	

Intervalo entre as rodadas: 1 minuto

RODADA 2 – OLHOS FECHADOS

Base quadril – boca aberta sem contato	
--	--

Base quadril – mandíbula relaxada	
Base quadril – apertar os dentes	
Intervalo entre as rodadas: 1 minuto	
Semitandem – boca aberta sem contato	
Semitandem – mandíbula relaxada	
Semitandem – apertar os dentes	

Intervalo entre os exames: 30 segundos

Intervalo entre as rodadas: 1 minuto

RODADA 3 – OLHOS ABERTOS

Intervalo entre os exames: 30 segundos

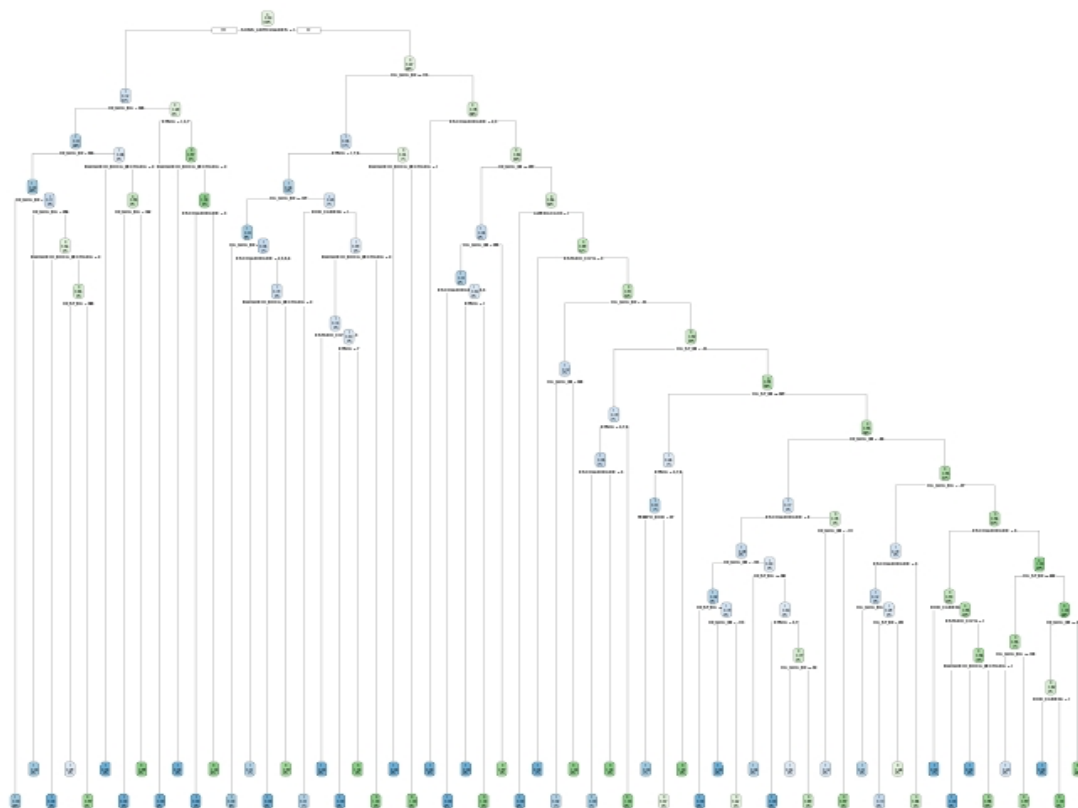
Base quadril – boca aberta sem contato	
Base quadril – mandíbula relaxada	
Base quadril – apertar os dentes	
Intervalo entre as rodadas: 1 minuto	
Semitandem – boca aberta sem contato	
Semitandem – mandíbula relaxada	
Semitandem – apertar os dentes	

Intervalo entre as rodadas: 1 minuto

RODADA 3 – OLHOS FECHADOS

Intervalo entre os exames: 30 segundos

Base quadril – boca aberta sem contato	
Base quadril – mandíbula relaxada	
Base quadril – apertar os dentes	
Intervalo entre as rodadas: 1 minuto	
Semitandem – boca aberta sem contato	
Semitandem – mandíbula relaxada	
Semitandem – apertar os dentes	

APÊNDICE B - Visualização da árvore de decisão

ANEXO A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

O Sr(a) está sendo convidado(a) para participar da pesquisa **“A DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR (DTM) E SUA RELAÇÃO COM A ESTABILIDADE POSTURAL”**. Nesta pesquisa pretendemos analisar a distribuição de carga de apoio dos pés as oscilações corporais em torno do centro de gravidade de pessoas com e sem disfunção temporomandibular. O motivo que nos leva a estudar é a quantidade elevada de pessoas com disfunção temporomandibular, doença crônica que pode estar relacionada com questões a distância como os pés, condição que é pouco abordada nos estudos e necessita ser compreendida. Além disso, sabe-se que têm muitas causas envolvidas, portanto, a disfunção precisa ser estudada por uma equipe multidisciplinar. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: O senhor(a) será entrevistado(a) e examinado(a) com um Instrumento de Avaliação padronizado, o RDC/TMD e o Índice Anamnésico de Fonseca, que inclui triagem da dor da DTM, questionário do sintoma, dados demográficos e o exame clínico pela Academia Norte Americana e pela Federação Internacional de Odontologia, que poderá sugerir o diagnóstico de Disfunção Temporomandibular. Em seguida, o senhor(a) será submetido ao Exame da Baropodometria Computadorizada no laboratório de Movimento do Curso de Fisioterapia, no Pavilhão de Aulas do Canela, sala 107, através de uma plataforma sensorizada contatado a um software, sendo rápido e indolor, ao final saberemos como o peso do corpo é distribuído na planta dos pés e o quanto oscila em torno do centro de gravidade, informações essenciais para o direcionamento do tratamento adequado. De acordo com a Resolução 466/12, o seu nome e endereço não aparecerão em nenhuma parte do relatório ou publicação deste estudo, de forma que o Sr (a) não poderá ser identificado. Lembramos que o Sr (a) pode ou não participar da pesquisa. Se quiser participar, deverá assinar este formulário em duas vias e manter uma cópia com Sr (a). Se decidir participar, mas mudar de ideia durante a pesquisa poderá sair a qualquer momento sem se desculpar. Os pesquisadores não serão remunerados para a realização desse estudo, assim como o senhor (a) não receberá benefícios financeiros nem terá custos pela sua participação. Quanto aos riscos, toda pesquisa existe o risco remoto de as informações serem vazadas, como por exemplo, pessoas que não fazem parte do grupo de pesquisa ter acesso às informações coletadas, assim, os dados serão codificados durante a coleta para evitar esse risco. Durante a sua participação caso haja algum desconforto: sentir-se constrangido, envergonhado, ansioso, cansado, ou até mesmo desmotivado a participar da pesquisa,

e você não queira mais prosseguir participando, você poderá interromper a atividade e sair do recinto de avaliação sem nenhum constrangimento e contará com nossa total compreensão e apoio. Quanto aos benefícios como participante da pesquisa o(a) Sr.(a) receberá um laudo descritivo quanto a condição avaliada pelo RDC-TMD, Índice de Fonseca e pela Baropodometria Computadorizada com fins diagnósticos. No entanto, caso o(a) Sr.(a), e seu acompanhante, tenha qualquer gasto com deslocamento e alimentação, tais despesas serão ressarcidas. Apesar disso, caso seja identificado e comprovado danos provenientes desta pesquisa, o(a) Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. O Sr.(a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar, a sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Caso o (a) Sr.(a) tenha alguma dúvida ou necessite de qualquer esclarecimento ou ainda deseje retirar-se da pesquisa, por favor, entre em contato com o pesquisador abaixo a qualquer tempo.

Pesquisadora responsável – Renata Santana da Silva Barbosa

Também em caso de dúvida, o(a) sr(a) poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia (CEP/ICS/UFBA). O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) busca defender os interesses dos participantes de pesquisa. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Bahia (CEP/ICS/UFBA) está localizado na Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n, - Instituto de Ciências da Saúde – 4º andar, Vale do Canela. Horário de funcionamento: Segunda das 13:30h às 19:30h e de terça à sexta das 7:00h às 13:00h. Telefone: (71) 3283-8951. E-mail: cepics@ufba.br.

Os resultados da pesquisa estarão a sua disposição quando finalizada em posse do pesquisador responsável para fins de publicação em jornais, revistas e eventos científicos. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O(a) Sr.(a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar, sendo codificado em letras gregas para análise estatística. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, rubricadas em todas as suas páginas, as quais serão assinadas, ao seu término, pelo(a) Sr(a) ou por seu representante legal, assim como pelo pesquisador responsável. Uma das vias deste termo será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida ao(a) Sr.(a). Os dados e instrumentos utilizados na

pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco (5) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado(a) dos objetivos da pesquisa **“A DISFUNÇÃO TEMPOROMANDIBULAR E SUA RELAÇÃO COM AS OSCILAÇÕES CORPORAIS E DISTRIBUIÇÃO DE CARGA PLANTAR DURANTE O APOIO BIPODAL”**,

de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Salvador, _____ de _____ de 2019.

Nome completo (participante)

Data

Nome completo (pesquisador responsável)

Data

Em caso de minha desistência em permanecer na pesquisa, autorizo que os meus dados já coletados referentes a resultados de exames, questionários respondidos e similares ainda sejam utilizados na pesquisa, com os mesmos propósitos já apresentados neste TCLE.

ANEXO B - DC – TMD (EIXO 1)**TMD-PAIN SCREENER**

1. In the last 30 days, how long did any pain last in your jaw or temple area on either side?
 - a. No pain
 - b. Pain comes and goes
 - c. Pain is always present

2. In the last 30 days, have you had pain or stiffness in your jaw on awakening?
 - a. No
 - b. Yes

3. In the last 30 days, did the following activities change any pain (that is, make it better or make it worse) in your jaw or temple area on either side?
 - A. Chewing hard or tough food
 - a. No
 - b. Yes

 - B. Opening your mouth or moving your jaw forward or to the side
 - a. No
 - b. Yes

 - C. Jaw habits such as holding teeth together, clenching, grinding, or chewing gum
 - a. No
 - b. Yes

 - D. Other jaw activities such as talking, kissing, or yawning
 - a. No
 - b. Yes

Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders Symptom Questionnaire

Patient name _____ Date _____

PAIN

1. Have you ever had pain in your jaw, temple, in the ear, or in front of the ear on either side? No Yes

If you answered NO, then skip to Question 5.

2. How many years or months ago did your pain in the jaw, temple, in the ear, or in front of the ear first begin? _____ years _____ months

3. In the last 30 days, which of the following best describes any pain in your jaw, temple, in the ear, or in front of the ear on either side? No pain
 Pain comes and goes
 Pain is always present
- Select ONE response.

If you answered NO to Question 3, then skip to Question 5.

4. In the last 30 days, did the following activities change any pain (that is, make it better or make it worse) in your jaw, temple, in the ear, or in front of the ear on either side?

	No	Yes
A. Chewing hard or tough food	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Opening your mouth, or moving your jaw forward or to the side	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Jaw habits such as holding teeth together, clenching/grinding teeth, or chewing gum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D. Other jaw activities such as talking, kissing, or yawning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

HEADACHE

5. In the last 30 days, have you had any headaches that included the temple areas of your head? No Yes

If you answered NO to Question 5, then skip to Question 8.

6. How many years or months ago did your temple headache first begin? _____ years _____ months

7. In the last 30 days, did the following activities change any headache (that is, make it better or make it worse) in your temple area on either side?

	No	Yes
A. Chewing hard or tough food	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. Opening your mouth, or moving your jaw forward or to the side	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Jaw habits such as holding teeth together, clenching/grinding, or chewing gum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D. Other jaw activities such as talking, kissing, or yawning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

JAW JOINT NOISES

Office use

- | | | No | Yes | R | L | DNK |
|----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 8. | In the last 30 days, have you had any jaw joint noise(s) when you moved or used your jaw? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

CLOSED LOCKING OF THE JAW

- | | | | | | | |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 9. | Have you <u>ever</u> had your jaw lock or catch, even for a moment, so that it would <u>not open ALL THE WAY</u> ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

If you answered NO to Question 9 then skip to Question 13.

- | | | | | | | |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10. | Was your jaw lock or catch severe enough to limit your jaw opening and interfere with your ability to eat? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

- | | | | | | | |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 11. | In the last 30 days, did your jaw lock so you could <u>not open ALL THE WAY</u> , even for a moment, and then unlock so you could open ALL THE WAY? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

If you answered NO to Question 11 then skip to Question 13.

- | | | | | | | |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 12. | Is your jaw currently locked or limited so that your jaw will <u>not open ALL THE WAY</u> ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-----|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

OPEN LOCKING OF THE JAW

- | | | | | | | |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 13. | In the last 30 days, when you opened your mouth wide, did your jaw lock or catch even for a moment such that you could <u>not close</u> it from this wide open position? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

If you answered NO to Question 13 then you are finished.

- | | | | | | | |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 14. | In the last 30 days, when you jaw locked or caught wide open, did you have to do something to get it to close including resting, moving, pushing, or maneuvering it? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-----|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders

Demographics

1. What is your current marital status?

Married

Living as married

Divorced

Separated

Widowed

Never married

2. What is your ethnicity?

Hispanic or Latino

Not Hispanic or Latino

Unknown

3. What is your race? Mark all that apply.

American Indian or Alaska Native

Asian

Black or African American

Native Hawaiian or Other Pacific

White

4. What is the highest grade or level of schooling that you have completed?

Through high school

Some college

College graduate

Professional or Post-graduate level

5. What is your family's current annual household income? Please include all sources of income for all family members such as wages, salaries, investments, etc.

\$0 - \$19,999

\$20,000 - \$39,999

\$40,000 - \$59,999

\$60,000 - \$79,999

\$80,000 - \$99,999

\$100,000 - \$149,999

\$150,000 or higher

6. TMJ Noises During Open & Close Movements

	RIGHT TMJ					LEFT TMJ				
	Examiner		Patient	Pain w/ Click	Familiar Pain	Examiner		Patient	Pain w/ Click	Familiar Pain
	Open	Close				Open	Close			
Click	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input checked="" type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Crepitus	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y

7. TMJ Noises During Lateral & Protrusive Movements

	RIGHT TMJ					LEFT TMJ				
	Examiner	Patient	Pain w/ Click	Familiar Pain	Examiner	Patient	Pain w/ Click	Familiar Pain		
									Open	Close
Click	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input checked="" type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y		
Crepitus	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y		

8. Joint Locking

	RIGHT TMJ				LEFT TMJ					
	Locking	Reduction		Pain w/ Click	Familiar Pain	Locking	Reduction		Pain w/ Click	Familiar Pain
		Patient	Examiner				Patient	Examiner		
While Opening	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Wide Open Position	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y

9. Muscle & TMJ Pain with Palpation

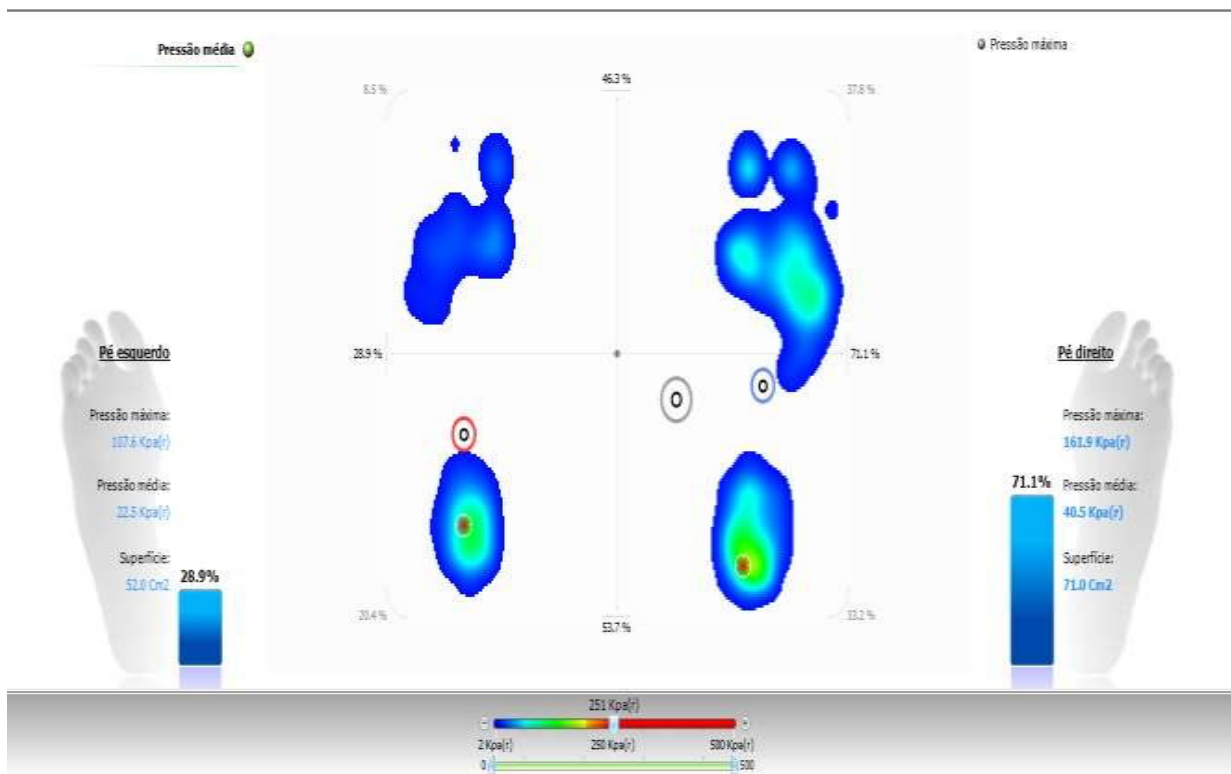
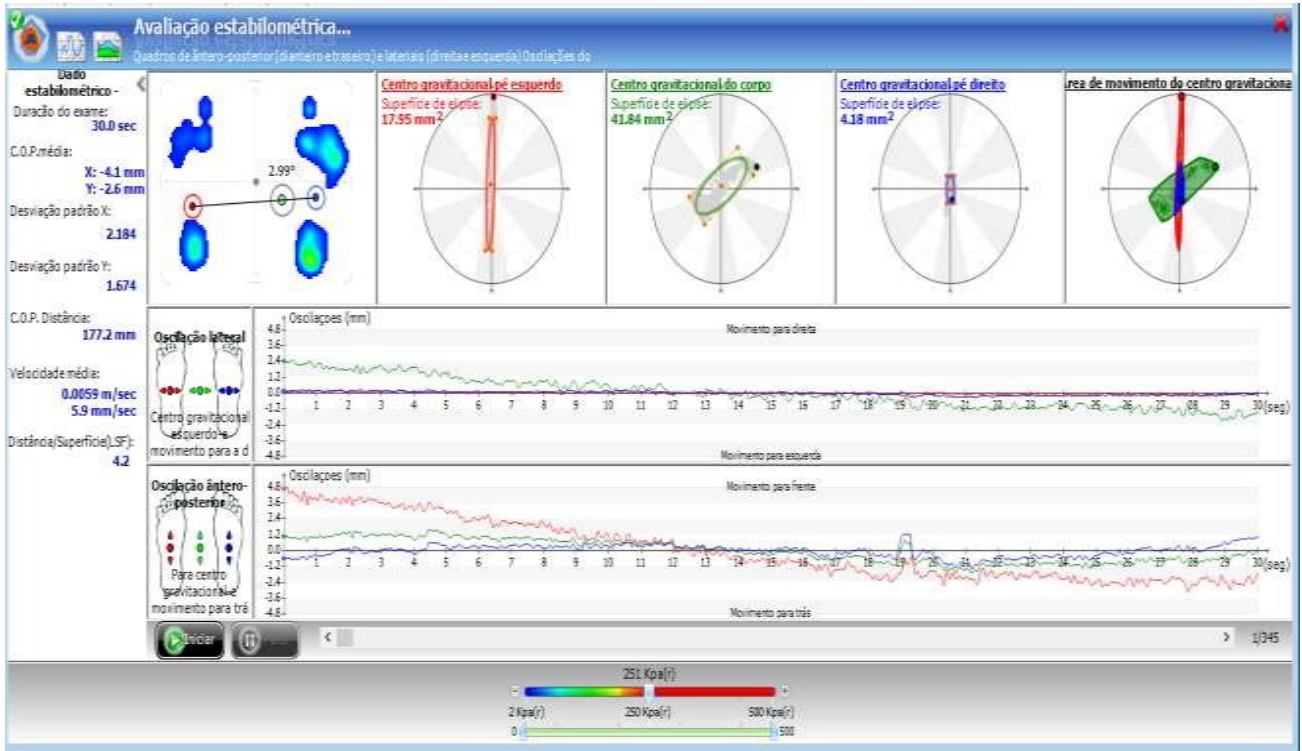
	RIGHT SIDE				LEFT SIDE			
	Pain	Familiar Pain	Familiar Headache	Referred Pain	Pain	Familiar Pain	Familiar Headache	Referred Pain
(1 kg)								
Temporalis (posterior)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Temporalis (middle)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Temporalis (anterior)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Masseter (origin)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Masseter (body)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Masseter (insertion)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
TMJ								
Lateral pole (0.5 kg)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Around lateral pole (1 kg)	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y

10. Supplemental Muscle Pain with Palpation

	RIGHT SIDE				LEFT SIDE			
	Pain	Familiar Pain	Familiar Headache	Referred Pain	Pain	Familiar Pain	Familiar Headache	Referred Pain
(0.5 kg)								
Posterior mandibular region	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Submandibular region	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Lateral pterygoid area	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y
Temporalis tendon	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y	<input type="radio"/> N	<input type="radio"/> Y

11. Comments

ANEXO C - Template da Baropodometria Computadorizada





Instituto de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação
Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas
Avenida Reitor Miguel Calmon s/n - Vale do Canela. CEP: 40110-100
Salvador, Bahia, Brasil